

## 道路政策の質の向上に資する技術研究開発

## 【研究状況報告書（2年目の研究対象）】

①研究代表者		氏名（ふりがな）		所属		役職	
		塚井 誠人（つかい まこと）		広島大学		准教授	
②研究 テーマ	名称	複数のデータを活用した道路のストック効果の計測技術の再構築					
	政策 領域	[主領域] 新たな行政システムの創造		公募 タイプ	タイプIV③ ETC2.0を含む多様なビッグデータを活用したストック効果と信頼性評価手法の開発		
		[副領域]					
③研究経費（単位：万円） ※H28は精算額、H29は受託額、 H30は計画額を記入。端数切捨。		平成28年度	平成29年度	平成30年度	総合計		
		4,260（受託額）	4,100（受託額）	1,500（計画額）	9,860		
④研究者氏名		（研究代表者以外の主な研究者の氏名、所属・役職を記入。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。）					
氏名		所属・役職					
円山 琢也		熊本大学・准教授					
佐藤 啓輔		復建調査設計株式会社					
藤原 章正		広島大学・教授					
中山 晶一朗		金沢大学・教授					
力石 真		広島大学・准教授					
高山 純一		金沢大学・教授					
布施 孝志		東京大学・教授					
桑野 将司		鳥取大学・准教授					
嶋本 寛		宮崎大学・准教授					
加知 範康		九州大学・助教					
堤 盛人		筑波大学・教授					
橋本 成仁		岡山大学・准教授					
瀬谷 創		神戸大学・准教授					
山本 航		広島大学・研究員					
⑤研究の目的・目標		（提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入。）					
<p>本研究は、「交通状態の質的指標の算出と事故リスク分析」、「観光地のトラベルコスト評価」、および「工業団地地価のヘドニック分析」について、道路のストック効果計測の可能性を検討し、ストック効果算出のための計測技術を再構築するものである。</p> <p>本年度は、昨年度に開発したデータベースを活用して、道路ストック効果の計測が可能な統計的な分析手法の開発を行う。</p>							

## ⑥これまでの研究経過

### テーマ1:交通状態の質的指標の算出と事故リスク分析

テーマ1は、道路3便益の「交通事故削減」についてETC2.0データの活用を図るものである。

#### 1.1.交通状態の質的指標の算出

ETC2.0（様式1-2）データの速度情報を活用した交通状態の質的指標を算出する。質的指標には、連続する2区間(1km+1km)の速度分布の平均値の差を標準化した効果量を用いた（表1-1）。効果量は相対的な速度変化を表わしているため、効果量が小さい区間が連続するほど走りやすい区間と捉えることができる。本研究では、これを交通状態の質的指標の1つとして考える。ETC2.0データの取得数の観点から山陽道（廿日市JCT→笠岡IC）の2015年4月～12月（7時～19時）を対象に連続区間の速度効果量を対象期間全データにより整理した結果（図1-1），広島IC/西条IC/福山東IC付近では速度効果量の変化が中程度以上（速度の乱れが現われている状態）の区間が連続して存在することを確認した。

#### 1.2.事故リスク分析

山陽道（廿日市JCT→笠岡IC）の2015年4月～12月（7時～19時）を対象に区間別の事故発生の有無を目的変数とした、ロジスティック回帰分析を行った。単位区間は、データが取得できないトンネルを除く各1kmの区間とし、分析対象期間内で事故が起こった区間を事故有りと定義した。説明変数には、交通量/連続2区間の速度効果量/連続2区間の分散変化量/区間の速度中央値/区間の速度分散/加速度件数を用いた。すべての説明変数を採用したモデル1，大型車情報を除いたモデル2，ステップワイズ法による変数選択を行ったAIC最小のモデル3を、それぞれ推定した（表1-2）。

表1-1 交通状態の質的指標：効果量の定義

質的指標	定義	算出式
効果量	2つの群の平均値が偏差値換算でどれだけ離れているかを表す指標	$\delta_i = \frac{\mu_i - \mu_{i-1}}{\sigma_i}$ <p><math>\delta</math>:効果量, <math>\mu</math>:平均値, <math>\sigma</math>:標準偏差, <math>i</math>:区間</p>

（効果量の目安）～0.2：小，～0.5：中，～0.8：大



図 1-1 連続 2 区間の速度効果量（山陽道上り\_廿日市 JCT→笠岡 IC）

## 1.2.事故リスク分析(つづき)

モデル3に着目すると、連続2区間の速度の効果量（効果量0.2以上ダミー）と連続2区間の速度の分散の変化量が有意となった。速度の効果量は正、速度分散の変化量は負でそれぞれ有意となっており、連続する区間で速度の効果量が0.2以上で、速度分散の変化量が小さいときに事故が発生しやすいことを示した。また区間内の速度中央値は負で有意となった一方で、大型車の区間内の速度中央値は正で有意となった。この結果は、大型車のみ速度中央値が高い場合に事故が発生しやすい傾向となることを示している。なお、加速度の件数は有意にはならなかった。

モデル3から区間別の事故発生確率を算出し、その値が0.8以上の区間をプロットした(図1-2)。同図より、広島/広島東/尾道JCT付近で、事故発生確率0.8以上の区間が連続して存在することが確認できた。これらは、速度の効果量が中程度以上に大きくなる一部の区間と重複していた。つまり、効果量以外の指標も事故発生確率に寄与していることが明らかとなった。

表1-2 区間別交通事故発生に関するロジスティック回帰分析

説明変数	モデル1		モデル2 (大型車情報なし)		モデル3 (AIC最小)	
	推定値	標準偏差	推定値	標準偏差	推定値	標準偏差
交通量	-2.E-04	0.002	-4.E-04	0.001	—	—
交通量_大型車	-0.013	0.013	—	—	—	—
速度_効果量_0.2以上ダミー	2.946 *	1.344	2.608 *	1.210	2.905 *	1.283
速度_分散_変化量	-0.025 *	0.011	-0.024 *	0.011	-0.023 *	0.010
速度_分散	0.009	0.010	-0.002	0.008	—	—
速度_中央値	-0.313 *	0.138	-0.034	0.069	-0.147 .	0.088
速度_分散_大型車	0.014	0.019	—	—	—	—
速度_中央値_大型車	0.589 *	0.252	—	—	0.355 .	0.183
前後加速度_件数	5.E-05	2.E-04	-1.E-04	2.E-04	—	—
左右加速度_件数	0.005	0.003	0.003	0.003	0.004	0.003
ヨー角速度_件数	-0.001	0.002	5.E-04	0.001	—	—
定数項	-15.115	12.147	5.307	6.840	-13.067	10.286
AIC	132.860		133.260		124.230	
R-squared	0.272		0.201		0.235	
Likelihood Ratio Test	22.590 **		16.190 *		19.220 **	
サンプル数	104					

\*\*\* 1%有意 \*\* 5%有意 . 10%有意



図 1-2 区間別事故発生確率 0.8 以上区間 (山陽道上り\_廿日市 JCT→笠岡 IC)

## テーマ2：観光地のトラベルコスト評価

テーマ2においては、大分市～宮崎市間の東九州道が繋がった前後の入込客数に関する分析を行い、高速道路の開通が集客量に及ぼす影響を捉える。分析対象地域として、大分市～宮崎市間の東九州道の最後の開通区間である佐伯IC～蒲江IC間の付近に存在する主要な観光地および工業都市である宮崎県高千穂町および宮崎県延岡市の集客施設の多いエリアとする。

### 2.1. 分析対象地域における集客量の確認

大分市～宮崎市間の東九州道開通（2015年3月）の前年（2014年）、当年（2015年）および翌年（2016年）の繁忙期（8月）および閑散期（1月中旬～2月中旬）のモバイル空間統計データを収集して、集客量を確認した。昨年と同様の方法で、同データから当該市町を出発するデータを除去するとともに、幹線旅客純流調査の

集計データから算出される自動車分担率を乗じることにより、自動車による流動を求めた。なお、幹線旅客純流調査データには同一県内の流動が含まれていないため、集計ロジットモデルにより自動車分担率を求めた（表2-1）。

OD間の一般化費用と集客量から、発地別の対象エリアへのトラベルコストを2014年、2015年および2016年において算出した（図2-1）。道路の開通によって一般化費用が低下して比較が困難になるため、2015年、2016年の一般化費用は2014年度時点の値を用いた。図2-1から、東九州道開通後、経年的に対象エリアへの集客域は広がっており、特にトラベルコストの低いエリアの拡大がみられた。さらに周期性のあるデータの特徴を少数のパターンで表現するため、着地別の集客量の時間推移の傾向を声認識等で用いられている動的時間伸縮法（Dynamic Time Wrapping）と、多次元尺度構成法とクラスター分析を組み合わせることによりクラスタリングを行った（図2-2）。図2-2から、2016年に集客量が急激に減少したクラスター1、東九州道が全通後の2015年に集客量が増加傾向のクラスター2および2016年に大幅に増加したクラスター3と、集客量に変化しないクラスター4に分類できた。

表 2-1 集計ロジットモデルの推定結果

	推定値	SE	t 値
一般化費用	-7.56E-6	2.21E-5	-3.42**
自動車 D	1.764	0.122	14.44**
バス D	-0.951	0.343	-2.769*

観測数：814  
自由度調整済み決定係数：0.836

\*\*：5%有意      \*：10%有意

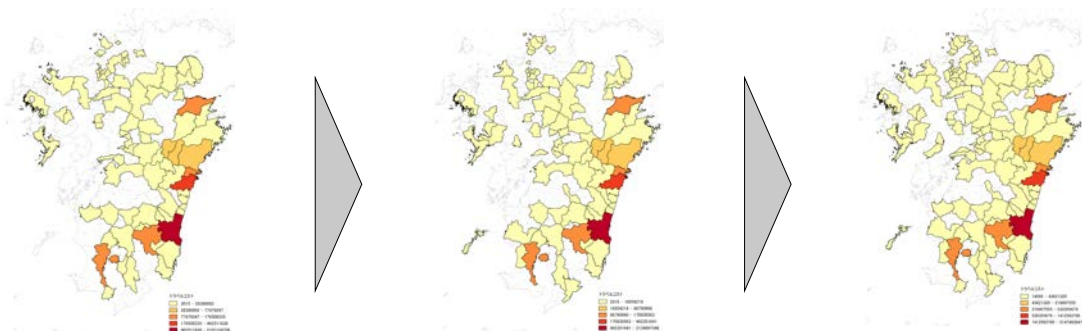


図 2-1 対象エリアへのトラベルコスト\_発地別

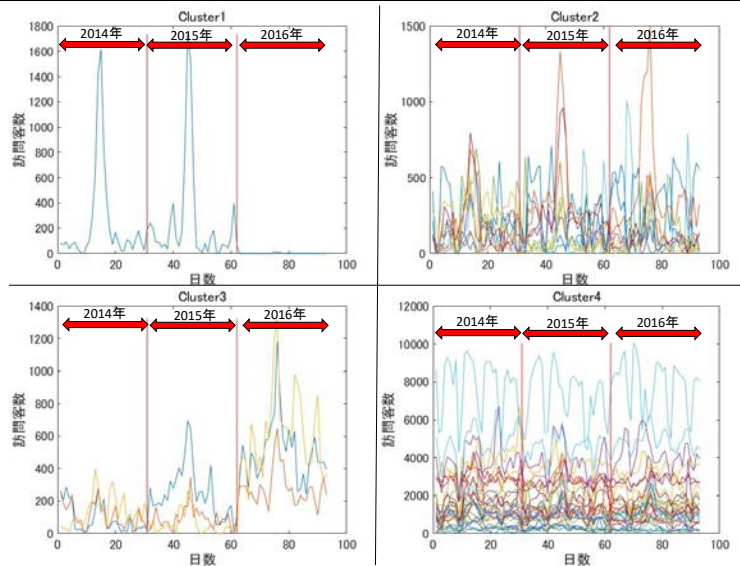


図2-2 着地別集客量の時間推移のクラスタリング(8月)

## 2.2. 集客スポットの同定と集客施設データの作成

ゼンリンが提供する座標付き電話帳DBテレポイントを用いて、分析対象地域における集客スポットの同定を行った。具体的には、電話帳DBテレポイントの施設を、「スポーツ施設」、「娯楽施設」、「観光施設」、「工業施設」、「宿泊施設」、「商業施設」、「自治体の機関」の7つに分類するとともに、座標情報をモバイル空間統計データの分析単位である3次メッシュに置き換え、分類した施設数を3次メッシュ単位で計測した。

## 2.3. 観光施設を含む広域集客施設と集客量に関する統計モデルの構築

2.2で整備した集客施設データならびにOD間の一般化費用、最寄りの高速ICからのアクセス時間を説明変数として、2.1で整備した集客量を説明する重回帰モデルを構築し、高速道路の開通効果を分析した(表2-2)。モデルの推定精度は高くないものの、一般化費用は有意な負値をとっており、高速道路の開通による一般化費用の減少により、集客量が増加することが確認できた。

表2-2 Ln(集客量)に関する重回帰モデル推定結果

	分析対象着地					
	全エリア		観光地のみ		市街地のみ	
	標準化係数	有意水準	標準化係数	有意水準	標準化係数	有意水準
2014年D	0.032	0.136	0.036	0.626	0.004	0.927
2015年D	0.019	0.375	0.076	0.171	-	-
2016年D	-	-	-	-	-0.018	0.698
一般化費用	-0.382	0.000	-0.457	0.000	-0.493	0.000
アクセス時間	-0.125	0.000	-0.112	0.798	-0.146	0.181
スポーツ施設数	0.023	0.226	-	-	-	-
娯楽施設数	-0.034	0.358	0.087	0.923	0.180	0.077
観光施設数	0.099	0.037	-	-	-0.062	0.395
工業施設数	0.041	0.174	-	-	-	-
宿泊施設数	-0.035	0.448	-0.167	0.793	-	-
商業施設数	0.085	0.000	0.029	0.838	0.006	0.927
公的機関数	0.044	0.040	-0.069	0.682	-	-
	R2: 0.157		R2: 0.237		R2: 0.240	
	自由度調整済みR2: 0.154		自由度調整済みR2: 0.219		自由度調整済みR2: 0.229	

※集客量は、メッシュごとに確認の8月1ヶ月間の12時時点の訪問人数を合計した。また、着地を全エリア、主要観光地のみ、あるいは延岡市の主要市街地のみを抽出した3ケースの推定を行った。

### テーマ3:工業団地地価のヘドニック分析

テーマ3は、圏央道開通効果を工業団地のヘドニック分析に着目して評価する。ヘドニック分析は、道路3便益の「所要時間短縮」、「輸送費用低下」が最終的に地価へ帰着すると考え、最終帰着側の地価の変動により便益を計上する評価手法である。従来の地価モデルに集客交通の発地を加え、地域間のつながりの強さと地価変動の関係性を明らかにするため、土地利用データとモバイル空間統計データの活用を図るものである。

#### 3.1. 各種データベースの作成

工業団地ヘドニックモデルへの入力変数として「高速道路アクセス」、「周辺地理情報」、「分譲価格」に関するデータベースを作成した。

#### 3.2. 地域間のつながりの強さを考慮した工業団地のヘドニック分析

昨年度は、工業団地の地理情報とインフラ近接性をGISデータとして作成し、工業団地の分譲価格を説明することを試みた。本年度は、昨年度構築した工業団地のヘドニックモデルについて、以下の点での改良を試みる。

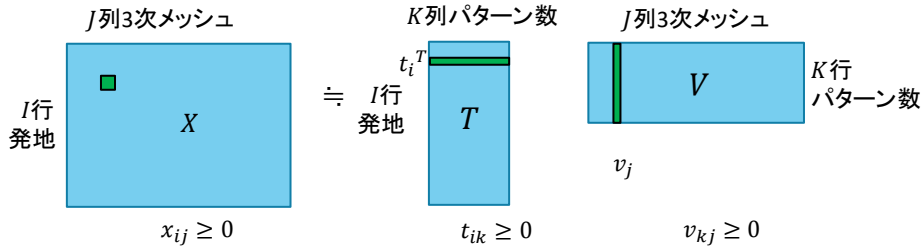
##### 3.2.1. 地域間の結びつきの定量化

まず、インフラ近接性に加えて、より明示的に「地域間の結びつき」を定量化し、ヘドニック分析に導入する点である。交通インフラにより、より遠い地域に、あるいはより多くの地域に短時間で移動可能となることが、工業団地の分譲価格にどのような効果をもたらすかは、明らかになっていない。また、このような効果を定量化するためのデータの入手可能性が限られていたため、関連する既往研究もほとんどない。本課題では、モバイル空間統計を用いて、このような「地域間の結びつき」の定量化を試みる。具体的には、工業団地へのトリップの「居住地（発地）」に着目し、その多様性（ハーフィンドール・ハーシュマン指数等）や距離分布の分譲価格への影響を定量的に把握する。その際に、トリップから可能な限り工業団地関係者の通勤パターンを除去し、取引と申しきパターンを抽出することが望まれる。そこで、例えば工業団地×発地のトリップ集中量に非負値因子分解（NMF）を適用した。

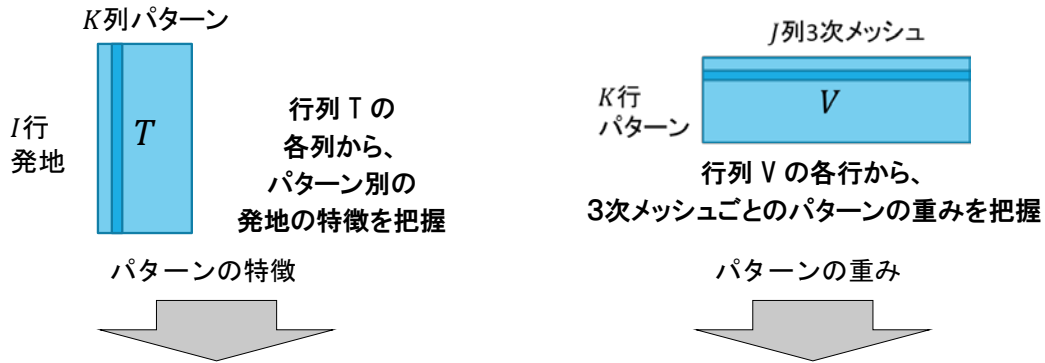
##### ■集客交通の発地のパターン化

工業団地と集客交通の発地の結びつきを定量化するため、発地をいくつかのパターンに分類する。対象データであるモバイル空間統計データは、3次メッシュ別契約地別の滞在人口を記録した、正のカウントデータである。そこで、NMFにより、ビッグデータ（3次メッシュ×契約地）を圧縮した情報（3次メッシュ×パターン数、パターン数×契約地）に加工し、いくつかの発地パターンに分類する。3次メッシュと工業団地を紐づけた上で、対象データとした2015年6月7月、2016年6月7月、2017年6月7月（3年分）の圏央道周辺の用途地域が工業専用地域の工業団地と集客交通の発地についてデータを作成した。NMFの適用に際して、パターン相互の類似度の低さを基準として抽出パターン数の設定を探索したところ、10パターンのときに良好な結果が得られた（表3-1）。

$I \times J$ サイズの非負値行列 $X$ を、 $I \times K$ 非負値行列 $T$  と  $K \times J$ 非負値行列 $V$ の積の形に分解



NMFによる因子分解イメージ



生活圏コード	パターン									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
青森 青森	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
茨城 水戸・日立	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
茨城 土浦	0.00	0.00	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
茨城 下館・古河	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.00	0.00	0.00
茨城 鹿嶋	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
栃木 宇都宮	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00
栃木 足利・佐野	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
栃木 栃木・小山	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
栃木 日光	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
栃木 那須	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
群馬 前橋・高崎	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
群馬 桐生・太田	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
群馬 渋川・吾妻	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
群馬 沼田・利根	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
埼玉 浦和	0.19	0.73	0.08	0.00	0.01	0.00	0.03	0.01	0.00	0.06
埼玉 川越	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
埼玉 児玉・大里	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
埼玉 秩父	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
千葉 千葉	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.68	0.00
千葉 船橋	0.00	0.00	0.10	0.00	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
千葉 安房・君津	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00
千葉 成田	0.00	0.00	0.00	0.92	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00
東京 23区	0.06	0.16	0.02	0.07	0.00	0.07	0.00	0.09	0.25	0.11
東京 多摩	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.78	0.00
神奈川 横浜	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.02	0.00
神奈川 川崎	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00
神奈川 相模原	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03
神奈川 小田原	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00
新潟 新潟	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
鹿児島 鹿児島	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

所在地 工業団地ID	群馬県伊勢崎市 1050700			埼玉県大里郡寄居町 1100004			栃木県小山市 951600			
	年	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
1	6,444	6,315	6,674	42	52	53	238	0	0	0
2	0	0	0	7,818	7,611	8,259	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	2	99	10	17	
4	0	0	0	156	169	156	14	6	140	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	293	305	292	18	7	24	
7	88	42	63	0	0	0	120,211	120,126	118,061	
8	0	0	0	697	715	676	53	17	62	
9	0	0	0	1,650	1,715	1,645	102	41	134	
10	0	0	0	2,048	1,562	2,386	91	0	0	

(パターン1)の工業団地の重みを整理

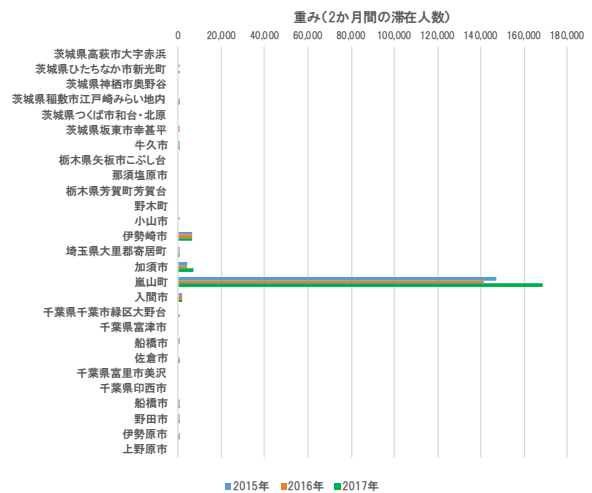


図3-1 NMFによるパターン分類

### 3.2.2. 「立地」, 「分譲価格」, 「取引」, 「交通アクセス」の相互依存関係のモデル化

昨年度の予備的なヘドニック分析の結果, 「都道府県ダミー」の導入有無によって, モデルの説明力が大きくことなることが示唆された. これは, 自治体の補助金等の政策効果の存在を示唆していると考えられる. そこで本年度は, 過去の産業用地ガイドより, 各種優遇制度の情報を整備した (設備投資補助金, 雇用補助金, 環境整備補助金, その他補助金, 特別償却優遇, 固定資産税優遇, 不動産取得税優遇, 事業税優遇, その他税制優遇, 設備資金融資, その他資金融資). しかし, これらの変数は, 分譲価格というよりは, 立地 (分譲率) に影響を与えると考えられる. そこで本年度は, 「立地」, 「分譲価格」, 「取引」, 「交通アクセス」の相互依存関係を構造方程式モデル (SEM) によりモデル化することを検討している. 現状は, SEMモデルを構築している段階である.

### 3.2.3. 時系列データによる圏央道開通の影響分析

交通アクセスの影響が与える影響を1時点のクロスセクションではなく, 前後比較により詳細にみるために, 関東地方を対象に工業団地とモバイル空間統計の時系列データセットを整備する. 特に圏央道の開通が, 取引の拡大と地価に与える影響を分析する. 現状は, データの整備をおおむね完了した段階である.



## ⑦研究成果の発表状況

1. 高速道路における速度低下区間の検出法に関する研究, 山本優樹, 塚井誠人, 山本航, 小山田哲郎, 土木計画学研究・講演集, Vol.55, 2017.
2. インフラのストック効果計測に向けたモバイル空間統計データの特性把握, 嶋本寛, 黒江真樹, 土木計画学研究・講演集, Vol.55, 2017.
3. 日本における工業地の分譲価格の分析, 宇田俊亮, 瀬谷創, 塚井誠人, 堤盛人, 土木計画学研究・講演集, Vol.55, 2017.
4. An Analysis of Vehicle Speed Distribution by Using Traffic Counter Big Data, Wataru YAMAMOTO, Makoto TSUKAI, THE 12 INTERNATIONAL CONFERENCE OF EAST, 2017.
5. ETC2.0データを用いた速度低下区間の検出法に関する研究, 山本優樹, 塚井誠人, 山本航, 第32回日本道路会議, 2017.

## ⑧研究成果の活用方策

実務への適用に向けた活用方法については、以下を計画する。

- ・ 道路のストック効果については、様々な検討が行われている。研究実施期間中に得られた成果は、学会等の発表を通じて、道路のストック効果の計測技術手法の有用性をアピールする。
- ・ 具体的な活用方法として、①高速道路上でのETC2.0データを活用した道路リスク比削減による交通事故の削減効果の算出、②観光地における目的地の魅力度を考慮したトラベルコスト評価による高速道路開通効果の算出、③工業団地における地域間のつながりのつよさと地価変動に着目するヘドニック分析による高速道路開通効果の算出、の3点について交通ビッグデータ、土地利用ビッグデータなど、複数データを活用した道路のストック効果の計測技術活用方法を示す。
- ・ 研究期間終了後の展開は、①では交通状態やヒヤリハットに着目した交通事故の削減効果について、②では観光行動に関する滞在時間分析について、③では経済モデルとの比較による予測結果に対する妥当性検証について、それぞれ引き続き分析を続ける。
- ・

## ⑨特記事項

(本研究から得られた知見、学内外等へのインパクト等、特記すべき事項があれば記入。また、研究の目的・目標からみた、研究成果の見通しや進捗の達成度についての自己評価も記入。)

### 本研究から得られた知見

- ・ 交通状態の質的指標の算出と事故リスク分析では、ETC2.0の速度データを活用した交通状態の質的指標と事故リスクを絡めた分析手法を開発することが出来た。
- ・ 観光地のトラベルコスト評価では、トラベルコスト法に新規性はないものの、従来入手が困難であった移動体データを活用した分析の結果、高速道路開通の効果を算出することが出来た。
- ・ 工業団地地価のヘドニック分析では、地域数を限定したものの、地域間のつながりをパターンにより定量的に表現する分析手法を適用することが出来た。

### 進捗の達成度

- ・ 研究の進捗については、工業団地地価へのヘドニック分析について予定よりやや遅れているほかは、概ね順調に進行していると自己評価している。

### 昨年度指摘事項への対応

- ・ 本研究で計測するストック効果を明確に定義するとともに、3つのサブテーマの分析の意味を明確にして研究を進めていただきたい。(指摘事項)
- ➔ 各テーマで計測するストック効果は、以下の通りである。  
テーマ1：交通事故削減  
テーマ2：観光地の魅力度計測  
テーマ3：工業団地の地価計測(所要時間短縮、輸送費用低下が最終的に地価へ帰着)
- ・ ストック効果の評価指標を個別に提案するだけでなく、その関連性を明確にした上で、合および総合化の手順を示していただきたい。(指摘事項)
- ➔ 既存のストック効果計測との関連性については、今年度実施した研究会において整理した結果を報告書にまとめる。次年度は、3テーマの総合化を行う予定である。