

# 都市間交通・都市内交通複合整備による 交通流動・経済効果評価モデルの構築

宮澤 拓也<sup>1</sup>・神田 佑亮<sup>2</sup>・藤井 聡<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 京都大学大学院 工学研究科 (〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂4)

E-mail: miyazawa@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 京都大学准教授 工学研究科 (〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂4)

E-mail: kanda@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 京都大学教授 工学研究科 (〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂4)

E-mail: fujii@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

我が国の国土構造は、災害リスクの高い大都市圏に極度に集中した不均衡なものとなっており、有事の際の国家レベルでの致命的な被害を避けるためには、分散型の国土を形成する必要がある。都市間交通整備、都市内交通整備が地域の人口構造・経済に影響し、分散化に資することが既往研究から示唆される。既往研究においても人口構造・経済への影響評価は検討されているが、交通整備を評価するうえで重要な指標である交通流動までを一体的に求めることは行われていない。そこで、交通流動までを包括的に分析可能な都市・交通モデルを構築し、ケーススタディとして、平成26年度に北陸新幹線が開通予定の富山県高岡市を対象にシミュレーション分析を行った。

**Key Words :** regional economic model, national resiliency, inter-city transportation, urban transportation, project evaluation

## 1. 研究の背景と目的

日本は自然災害のリスクが高く、特に今後、首都直下地震、南海トラフ地震などの発生が懸念されている<sup>1)</sup>。我が国は首都東京への「一極集中」という偏った国土構造を有しており、大規模な自然災害が発生すれば甚大な被害をもたらすことであろうことは想像に難くない。2013年12月17日に設置された「国土強靱化推進本部」において決定された「国土強靱化政策大綱」の中では、具体的な施策方針として「自律・分散・協調」型の国土形成が挙げられる<sup>2)</sup>など、過剰な一極集中の回避へ向けた取り組みが国としても進められようとしている。

「自律・分散・協調」型国土の形成には、都市間交通インフラの整備、特に新幹線が重要な役割を担うことが既往の研究から示唆されている<sup>3)</sup>。他方、都市内の交通インフラ整備も「自律・分散・協調」型国土の形成には重要である。北陸新幹線開通へ向けて都市内交通網や公共施設等への投資が行われている富山市では、沿線における人口、新規事業の着工件数の増加などが報告されている<sup>5), 6), 7)</sup>。この事例から、都市の発展とそれに伴う分散型国土の形成において、都市内交通の整備も一極集

中の分散化の受け皿となる都市の魅力度向上・発展に資すると考えられる。以上から都市間・都市内交通を一体的に整備することが分散化に大きく資するものであると考えられる。しかし、都市間・都市内交通の整備には亶多額の事業費を要し、そのため事業による交通利用者の需要発生、すなわち交通流動変化を推計・評価することは事業の検討においてきわめて重要な指標であると考えられる。既往の研究では、交通整備評価のシミュレーション手法は小池ら(2012)<sup>8)</sup>や根津ら(2013)<sup>9)</sup>が提案しているが、これらは主に都市間の流動を元に整備効果を推計しており、都市間交通と都市内交通の接続による流動を包括的に求める分析は行われていない。そこで本研究では、都市間交通と都市内交通の一体的な整備による交通流動の変化や経済効果を推計するモデルを構築することを目的とする。

## 2. モデルの構築

### (1)モデルの概要

モデルの概要を図1に示す。赤枠で囲われた箇所が本稿で新たに構築した項目である。モデル化にあたっては、

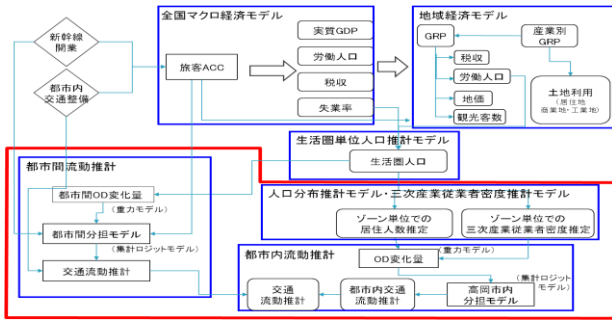


図1 モデル全体の概要

根津ら(2013)<sup>9)</sup>が構築したモデルを拡張する。このモデルは都市間交通・都市内交通等のインフラ整備により、全国のマクロ経済に与える効果を算出した上で、全国207の生活圏単位でのGRP、人口等を推計する構造となっており、評価指標の多様性、帰着効果の空間的広がり等の把握可能性の面で優位である。宮澤ら(2014)<sup>10)</sup>において根津モデルの改良を行っており本稿では、流動には沿線の人口分布が影響するものと考え、生活圏単位の人口に加え都市内の人口分布を求め、その後都市間流動・都市内流動を求めるモデルへと拡張する。

## (2) 新たに構築したモデルの詳細

### (a) 都市間流動推計モデル

このモデルは業務目的・観光目的のトリップを対象に構築する。モデルは業務目的は式(1)に、観光目的は式(2)に示すように重力モデルとし、出発地・目的地の集積度、距離抵抗等を説明変数とした。得られたモデルより、移動目的ごとに都市間交通・都市内交通整備前、整備後のOD量をそれぞれ推計し、両者の推計OD量の整備による変化率を求め、統計から得られる現在のOD量に乗じることで将来のOD量を推計する。目的別ODは、『第5回全国幹線旅客純流動調査』を用いる。モデルに用いた説明変数と推定結果について、表1に示す。また、都市間流動のうち、公共交通利用のトリップ数の変化を求めるため、鉄道・航空・自動車の三モードの分担率を集計ロジットモデルにより求める(式(3), (4))。分担率推計モデルの推定結果を表1に示す。

$$OD_{ij} = \exp(-11.2^{***}) \frac{GRP_j^{0.720^{***}}}{T_{ij}^{0.13^{***}}} O_i^{0.738^{***}} \quad (R^2=0.648) \quad (1)$$

(t=66.80) (t=67.88)  
(t=-46.63) (t=29.37)

$$OD_{ij} = \exp(1.145^*) \frac{SPN_j^{0.41^{***}}}{T_{ij}^{0.48^{***}}} O_i^{0.442^{***}} \quad (R^2=0.612) \quad (2)$$

(t=17.51) (t=18.14)  
(t=1.890) (t=28.13)

$OD_{ij}$  : 生活圏ij間のOD量  
 $O_i$  : 生活圏iの居住人口  
 $T_{ij}$  : 生活圏ij間の距離抵抗(平均一般化費用)  
 $GRP_j$  : 生活圏jのGRP  
 $SPN_j$  : 生活圏jの観光入り込み客数

表1 都市間交通分担率推計モデル

説明変数	業務目的		観光目的	
	推定値	t値	推定値	t値
一般化費用(円)	$-6.22 \times 10^{-5}^{***}$	-31.52	$-8.08 \times 10^{-5}^{***}$	-10.50
定数項(鉄道)	0.131 <sup>***</sup>	5.35	-1.47 <sup>***</sup>	-24.06
定数項(航空)	-1.24 <sup>***</sup>	-36.87	-3.89 <sup>***</sup>	-23.32
初期尤度	-10077.57		-2524.61	
最終尤度	-8411.18		-1105.79	
尤度比	0.16		0.56	

$$P_{m,ij} = \frac{\exp(V_{m,ij})}{\sum_n \exp(V_{n,ij})} \quad (3)$$

$$V_{m,ij} = \alpha \cdot GC_{m,ij} + \varepsilon_m \quad (4)$$

$P_{m,ij}$  : 生活圏ij間の交通手段mの分担率

$V_{m,ij}$  : 交通手段mの効用

$\alpha$  : パラメータ(一般化費用)

$GC_{m,ij}$  : 交通手段mの生活圏ij間の一般化費用

$\varepsilon_m$  : 選択肢mの誤差項

### (b) 都市内人口密度分布推計モデル

都市内における公共交通・徒歩・自動車の三モードのAcc(アクセシビリティ(式(6))を求め、Accに応じて人口密度が変化する構造である。このモデルにより、整備前、整備後の人口密度を推計し、整備前の値を整備後の値で除することで小ゾーンごとの人口密度の伸び率を求め、整備前の人口密度(実現値)に乗じたものを整備後の人口密度とした(式(5))。こうして求めた将来の人口密度に小ゾーンの面積を乗じることで小ゾーンごとの人口が求まるが、上位モデルにより得られる生活圏人口をコントロールトータルとして按分したものを、将来の小ゾーン人口の推計値とする。

モデル推定は北陸新幹線開通にむけて都市内交通整備が検討されている富山県高岡市を対象とし、分析単位は、「富山高岡広域都市圏第3回パーソントリップ調査」の小ゾーンとした。移動に要する所要時間と費用はGISにより計測した。Accを求める際の分担率は一般化費用を説明変数とした集計ロジットモデルを用いた。ロジットモデルの推定結果は表2に示す。

$$\ln(PD_z) = 6.9 \times 10^{-4} \cdot Acc_z \quad (R^2=0.986) \quad (5)$$

$PD_z$  : 小ゾーンzの人口密度

$Acc_z$  : 小ゾーンzのアクセシビリティ

$$Acc_i = \frac{\sum_j POP_j}{\sum_j POP_j \cdot \sum_k MS_{ij}^k \cdot GC_{ij}^k} \quad (6)$$

$MS_{ij}^k$  : ゾーンij間における交通手段kの分担率

$GC_{ij}^k$  : ゾーンij間における交通手段kの一般化費用

$POP_j$  : ゾーンjの人口

表2 都市内交通手段選択モデル(通勤・通学目的)

説明変数	推定値	t 値
一般化費用(円)	-9.10×10 <sup>-4***</sup>	-3.31
定数項(自動車)	1.12 <sup>**</sup>	2.07
定数項(公共交通)	-1.74 <sup>***</sup>	-3.43
初期尤度	-473.50	
最終尤度	-97.41	
尤度比	0.79	

(c) 三次産業従業者数密度分布推計モデル

生活圏内人口分布推計モデルと同様に、アクセシビリティを説明変数として、小ゾーンごとの三次産業従業者密度を推計するモデルを構築した。三次産業従業者数は、平成 22 年度国勢調査のデータを用いた。住宅地ダミーは高岡市土地利用計画図から作成した。

$$\ln(TID_z) = 5.4 \times 10^{4***} \cdot Acc_z + 8.9 \times 10^{-1***} \cdot RD \quad (R^2=0.979) \quad (7)$$

$TID_z$  : 小ゾーン z の三次産業従業者数密度  
 $RD$  : 住宅地ダミー

(d) 都市内流動推計モデル

都市内流動についても都市間流動と同様に、重力モデル(通勤・通学目的:式(8), 業務目的:式(9), 買物・私事目的:式(10))により、OD 量を求める。目的別 OD は、『富山高岡広域都市圏第 3 回パーソントリップ調査』を用いる。その上で、推計結果について、交通手段選択モデル(ロジットモデル)を適用し、目的別・交通手段別の流動量を求める。交通手段選択モデルのパラメータは、通勤・通学目的は表 2 と同様の値を用い、業務目的、観光・私事目的を表 3 に示す推定結果を用いる。

$$OD_{ij} = \exp(11.3^{***}) \frac{EM_j^{0.199^*}}{T_{ij}^{0.29^{***}}} O_i^{0.279^{**}} \quad (R^2=0.721) \quad (8)$$

$(t=58.1)$   $(t=0.218)$   $(t=0.188)$   $(t=0.291)$

$$OD_{ij} = \exp(5.81^{**}) \frac{EM_j^{0.266^{***}}}{T_{ij}^{0.449^{***}}} O_i^{0.337^{***}} \quad (R^2=0.598) \quad (9)$$

$(t=58.1)$   $(t=0.266)$   $(t=0.337)$   $(t=0.449)$

$$OD_{ij} = \exp(-10.1^{***}) \frac{TEM_j^{0.458^{***}}}{T_{ij}^{0.816^{***}}} O_i^{0.483^{***}} \quad (R^2=0.683) \quad (10)$$

$(t=15.66)$   $(t=0.458)$   $(t=0.483)$   $(t=109.3)$   
 $EM_z$  : 小ゾーン z の従業者数  
 $TEM_z$  : 小ゾーン z の三次産業従業者数

3. 都市間交通・都市内交通の整備効果の推計

(1) 都市内交通整備の整備シナリオの検討

前章で構築したモデルを用い、ケーススタディとして平成 26 年度末に開業予定の北陸新幹線の沿線である富山県高岡市を対象に、都市内交通整備の比較シナリオを設定し、シミュレーション分析を行った。高岡市の新幹

表3 都市内交通手段選択モデル(業務, 買い物・私事)

説明変数	業務目的		買い物・私事目的	
	推定値	t 値	推定値	t 値
一般化費用(円)	-5.20×10 <sup>-4***</sup>	-3.45	-6.60×10 <sup>-4***</sup>	-4.05
定数項(自動車)	1.23 <sup>***</sup>	3.61	8.22×10 <sup>-1***</sup>	2.88
定数項(公共交通)	-1.38×10 <sup>-3***</sup>	-2.89	-1.76 <sup>***</sup>	-5.49
初期尤度	-556.99		-557.00	
最終尤度	-226.21		-229.56	
尤度比	0.59		0.58	

線新駅は市内中心部に立地する在来線の高岡駅ではなく、高岡駅から南側に約 2km 離れた郊外に設置される。新駅は JR 城端線と交わるところに建設されており、新幹線開業にあわせて、JR 城端線に新駅が設置される予定である。そのため利用者が新幹線駅にアクセスするには利便性が不足することが懸念される。加えて、高岡市内の各地に向かうためには、高岡駅で一度乗り換える必要があり、公共交通でのアクセス・イグレス性の低下が懸念されている。

(2) 都市内交通整備の整備シナリオの検討

前述のように高岡駅には新幹線駅が設置されるものの、市内中心部へのアクセシビリティや都市内の回遊性に課題を有している。この課題に対して以下のような比較整備シナリオを策定する。まず case0 として北陸新幹線が整備されず、都市間交通、都市内交通ともに現状維持、case 1 は新幹線整備、新幹線が停車する新高岡駅より JR 城端線に連絡し、高岡市中心部にアクセス可能なシナリオである。Case2a は、Case1 に加えて LRT 万葉線による高岡駅=新高岡駅接続を行うシナリオである。Case2b は、Case2a に加えて市内北部における LRT 万葉線延伸を行い、Case2c は Case2b に加えて、JR 城端線水見線の直通化を行う整備シナリオである。

(3) 整備効果の推計

紙幅の都合上、人口分布、都市間流動(業務目的)、都市内流動の推計結果のみ詳述する。

1) 都市間流動の推計

まず、高岡生活圏来訪者の業務目的トリップについて、都市間流動推計モデルを用いて OD 量を推計した。高岡生活圏居住者の高岡生活圏を目的地とするトリップ量を図 2 に示す。新幹線整備のみ行った場合(Case1), 新幹線整備を行わなかった場合(Case0)と比較して、総トリップ数は減少する。方向別に見ると、近畿地方を目的地とするトリップは約 120 トリップ減少し、反面、首都圏を目的地とするトリップは約 100 トリップ増加する。この要因として、近畿地方をはじめとする西日本地方へは、整備前は在来線特急で直接高岡駅に乗り入れていたが、整

備後は郊外に立地する新高岡駅を経由する必要があり、加えて、新高岡駅と金沢駅で乗り換えが生じ、新幹線による時間短縮効果を相殺してしまうためである。一方都市内整備を行うことで乗り換えによるロスが低減し、総トリップ、近畿方面トリップともに増加に転じていることがわかる。

## 2) 都市内人口分布の推計

都市内人口分布の推計結果を図3に示す。ここではcase1, 2a, 2bの結果を載せている。縦軸はcase0(何も整備無し)での人口との差である。横軸は小ゾーン番号である。青枠で囲ったゾーンは新幹線新駅ができるゾーン、赤はcase2a、緑は2bで都市内整備が行われるゾーンである。新幹線のみ整備の場合、新駅前においても人口は十分伸びていない。しかし、都市内整備を行うことで、新駅前、各case整備ゾーンを中心に人口が伸びていることがわかる。

## 3) 都市内流動の推計

Case2a(高岡=新高岡接続)で開発する新規路線の利用者を都市内流動から求めた。整備によって一般化費用が減少し、かつ新規停留所の勢圏(1km以内とした)に含まれるゾーン発もしくは着のトリップ数を、新規路線の利用者と考えた。図4はcase2a(高岡=新高岡接続)の利用者数であり、現行の一日約3000人<sup>11)</sup>の利用者に加え、都市間・都市内交通整備によって新たに約1300人の需要が生まれることがわかる。

## 4. 本研究のまとめと今後の課題

本研究では、新幹線等の都市間交通と都市内交通の複合的な整備が人口構造や経済構造にもたらす影響を包括的に分析可能な宮澤ら(2014)<sup>10)</sup>のモデルを、都市内人口分布、都市間流動、都市内流動を推計できるものに拡張した。富山県高岡市を対象に、都市内交通整備の比較シナリオを設定しシミュレーション分析を行った結果、都市間・都市内の流動、また、新規整備路線の需要を確認するために有用なモデルであることが確認された。

### 【参考文献】

- 1) 地震調査研究推進本部, 南海トラフの地震活動の長期評価(第二版), 2013
- 2) 国土強靱化政策大綱, 内閣官房ホームページ, [http://www.cas.go.jp/seisaku/kokudo\\_kyoujinka/pdf/taikou\\_honbun.pdf](http://www.cas.go.jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/pdf/taikou_honbun.pdf)
- 3) 佐藤慎祐・藤井聡: 高速道路整備の地域産業への影響に関するパネル分析, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol. 47, 2012
- 4) 堀内義朗: 整備新幹線と内需拡大, 土木学会論文集, 第385号, pp.5-19, 1987
- 5) 国土交通省: LRT等の都市交通整備のまちづくりへの効果

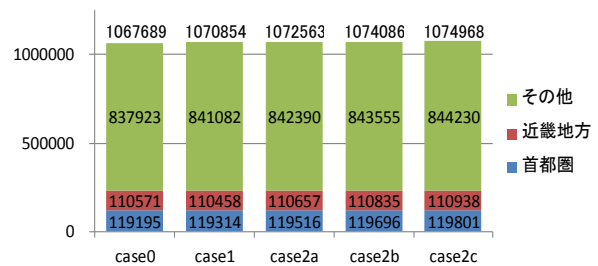


図2 高岡生活圏着業務目的トリップ推計値

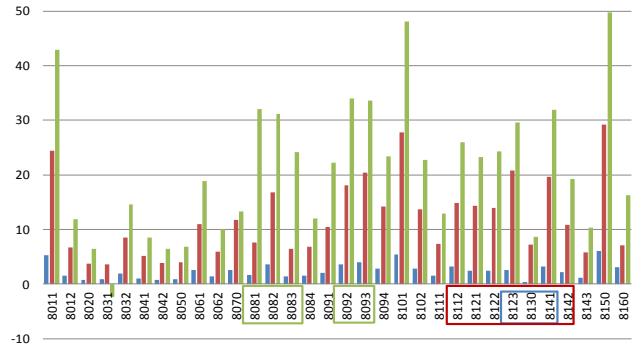


図3 高岡市内人口分布推計値

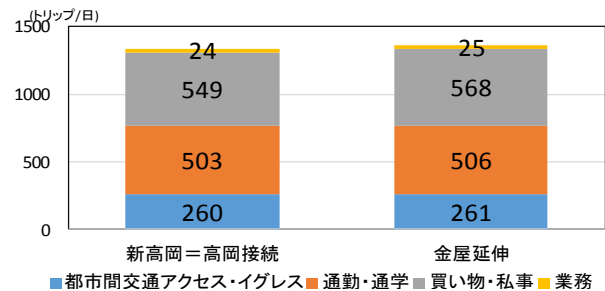


図4 case2aの新規路線利用者数

- 6) 深山剛・加藤浩徳・城山英明: なぜ富山市ではLRT導入に成功したのか? 政策プロセスから見た分析, 運輸経済研究, Vol.10, No.1, pp.2-17, 2007
- 7) 藤井聡, 救国のレジリエンス, 2012
- 8) 小池淳司・佐藤啓輔: 交通ネットワーク整備が観光産業の生産活動へ与える空間的影響の把握~鳥取・兵庫県の日本海地域における基礎自治体レベルの観光産業の付加価値推計をふまえた検討~土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.68, No.5, pp. I\_349-I\_361, 2012
- 9) 根津佳樹・神田佑亮・小池淳司・白水靖郎・藤井聡: 西日本における国土強靱化インフラ整備による総合的マクロ効果予測研究, 土木学会論文集 F4, Vol. 69, No. 4, pp. I\_57-I\_68, 2013
- 10) 宮澤拓也・神田佑亮・藤井聡: 都市間交通・都市内交通の複合整備の有用性に関する研究, 土木学会論文集 (投稿中)
- 11) 高岡市公式ホームページ, 万葉線活性化総合連携計画 [http://www.city.takaoka.toyama.jp/chian/kurashi/kotsu/kokyo/manyosen/documents/03\\_3.pdf](http://www.city.takaoka.toyama.jp/chian/kurashi/kotsu/kokyo/manyosen/documents/03_3.pdf)

(2014.10.21 受付)