

道路ネットワークの整備がもたらす 広範なストック効果の計量化手法に 関する研究

京都大学防災研究所
多々納 裕一

代理報告：織田澤利守（神戸大学）

構成

- 研究組織
- 研究の背景・目的
- これまで取り組みの成果
 1. ストック効果計量化の意義と課題
 2. 道路整備と立地変化に関する検討：第二京阪道路整備を事例として
 3. 道路整備による災害レジリエンス向上機能の計量化

研究組織

- 研究総括：多々納（京都大学）, 渡部（近畿地方整備局）
 1. ストック効果計量化の意義と課題：多々納・横松・大西（京都大学）, 小池・織田澤（神戸大学）, 川除（日建総合研）
 2. 道路整備と立地変化に関する検討：川除（日建総合研）, 織田澤（神戸大学）, 西田・稻垣（近畿地方整備局）
 3. 道路整備による災害レジリエンス向上機能の計量化：土屋（鳥取大学）・安田・矢野・片山（システム科学）, 藤・阿茂瀬・福本（近畿地方整備局）

（所属はH29年度末時点）

ストック効果の最大化に向けて ～その具体的戦略の提言～

(社会資本整備審議会計画部会専門小委員会, H28.11.)

- 「賢く投資・賢く使う」の徹底 → 「出る」から「出す」へ
- ストック効果の「見える化・見せる化」
 - (1) 幅広い効果の把握
 - (2) 誰にでも分かりやすい伝え方へ
 - (3) 経済分析手法の活用に向けた検討
- 社会資本整備のマネジメントサイクルの確立

研究目的とH28-30年度の取り組み

- 目的：

道路事業の便益として、いわゆる3便益にとどまらない広範なストック効果の計量化のための方法論の構築

- 取り組み内容

- ① ストック効果計量化の意義と課題

- ② 道路整備と立地変化に関する検討：第二京阪道路整備を事例として

- 因果効果分析に基づく立地・雇用促進効果の把握方法

- ③ 道路整備による災害レジリエンス向上機能の計量化

- 道路機能に着目した統合的なレジリエンス向上効果の評価法

①道路整備と立地変化に関する検討：

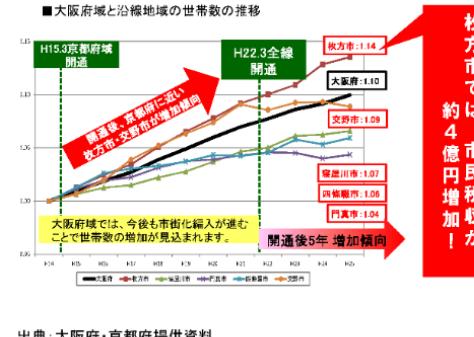
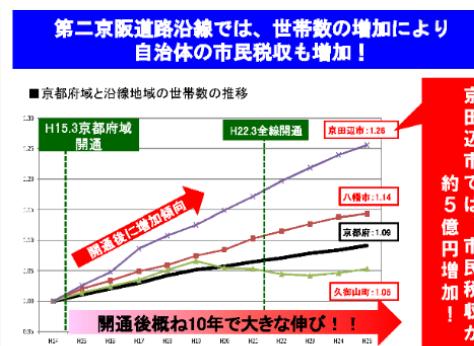
第二京阪道路整備を事例として

- 第二京阪道路整備によるストック効果の公表例

第二京阪道路沿線に145社が操業（工業団地）による法人税収が35%増加



第二京阪道路沿線にまちが形成され沿線自治体の人口が増加し市民税収が増収



出典：国土交通省近畿地方整備局

https://www.kkr.mlit.go.jp/road/road_effect/qgl8vl0000003el-att/dainikeihan.pdf

①道路整備と立地変化に関する検討： 第二京阪道路整備を事例として

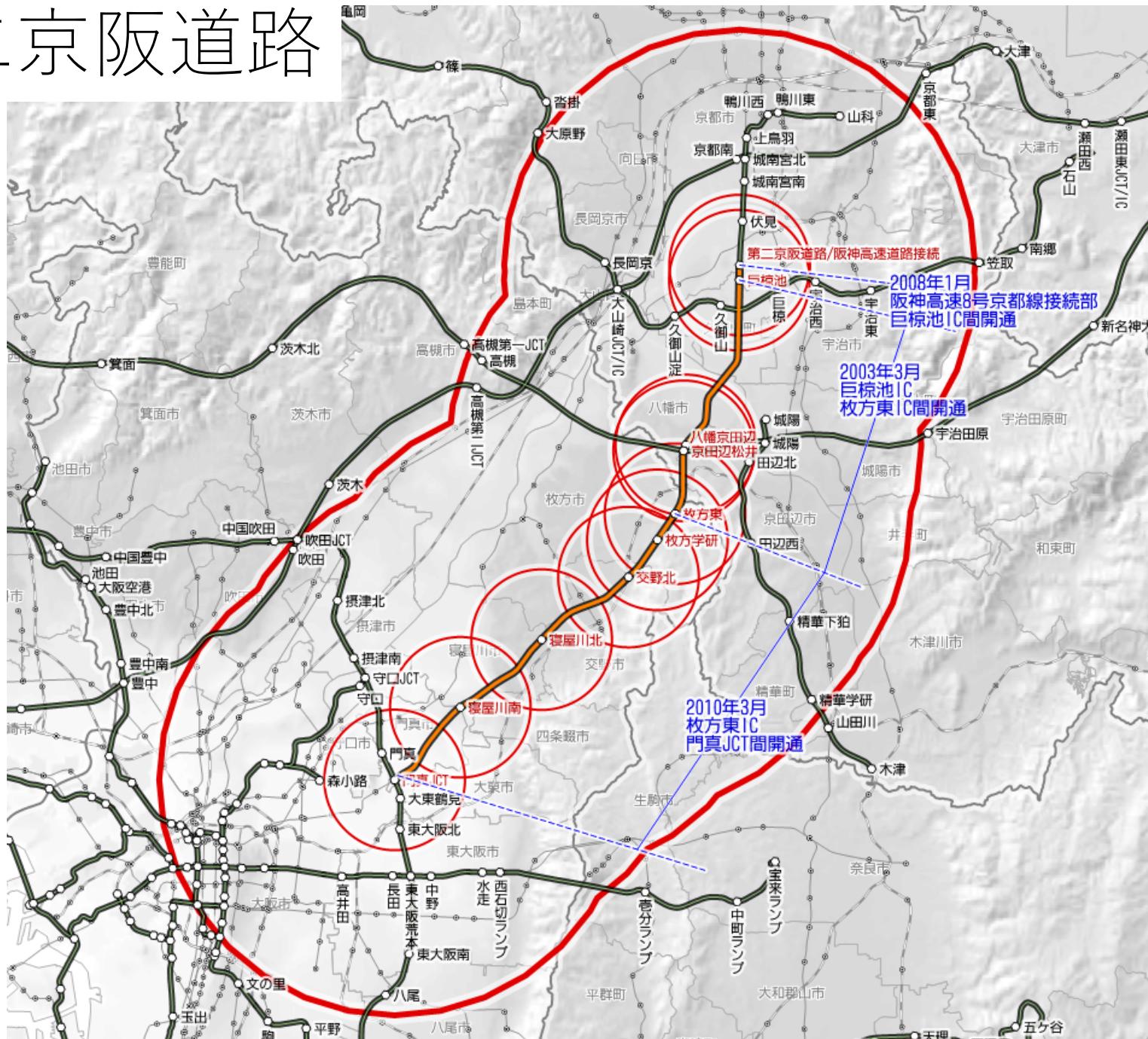
1. オープンデータを用いた分析

- ▶道路整備の影響を視覚的に把握
- ▶影響の空間範囲の特定など統計分析に資する情報の整理

2. 因果推論アプローチに基づくストック効果計測（試算）

ICの圏域 3km、10km

第二京阪道路



オープンデータを用いた分析の内容

<社会>

- ①土地利用（建物用地の面積）の変化
- ②人口総数の変化
- ③DID（人口集中地区）の面積の変化

<経済>

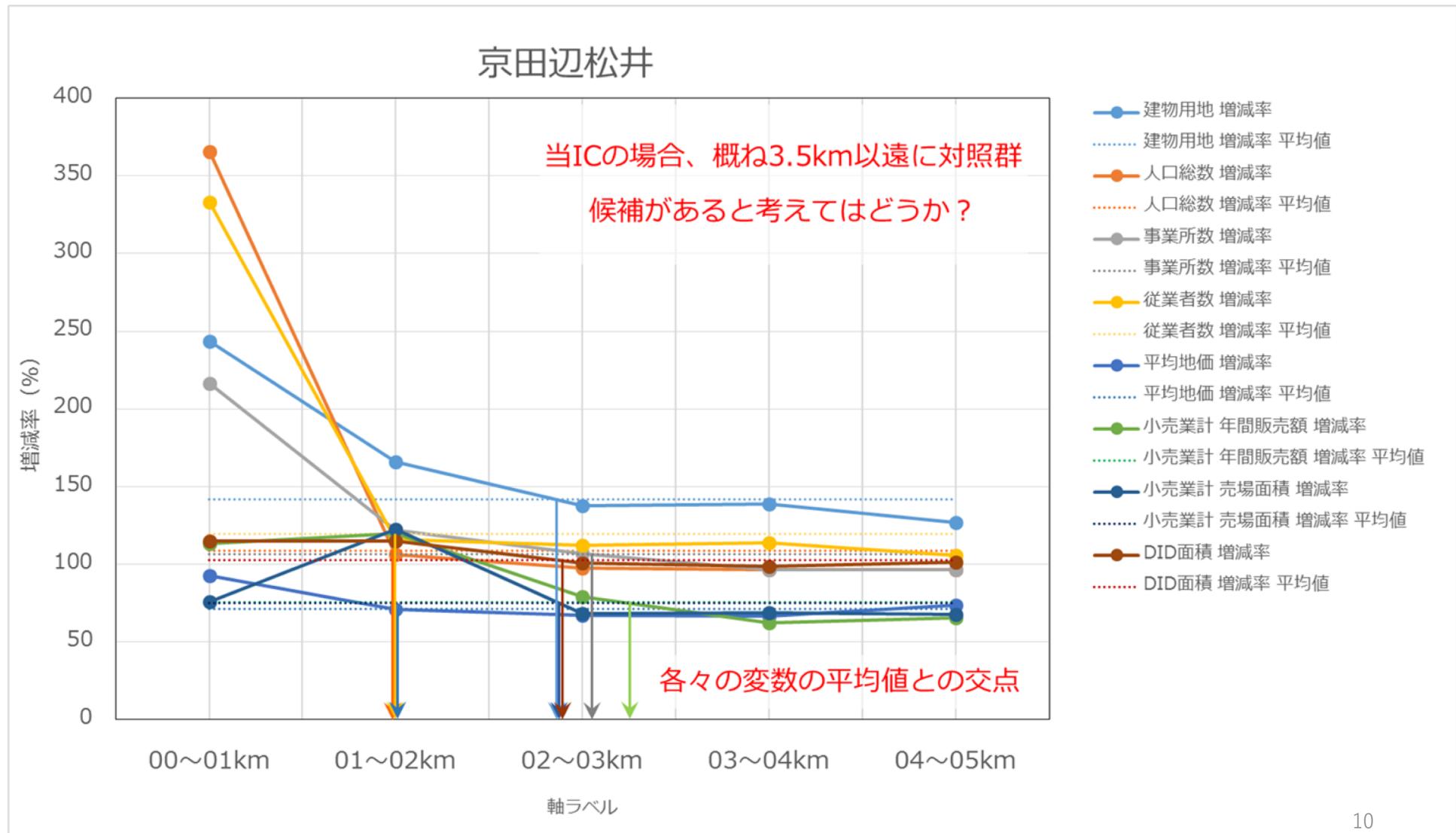
- ④事業所数の変化
- ⑤従業者数の変化
- ⑥小売業 売場面積の変化
- ⑦小売業 年間販売額の変化

<地価>

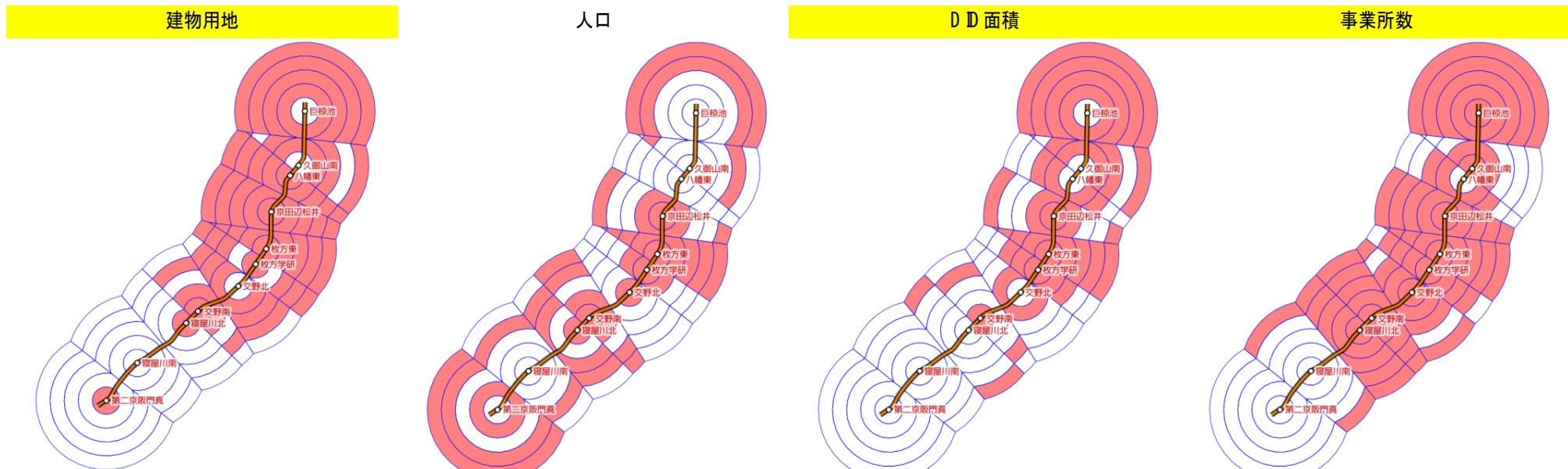
- ⑧地価の変化

対照群の見極めの試験的検討(4つのICを対象:一例)

各ICから5kmまでを対象とし、1kmピッチにドーナツ集計し、変化率を算定(別紙参照)
5kmの平均値と比較し、下回ってきたエリア以遠に対照群候補があると考えてはどうか?



ICの5km圏域全体の増減率を基準とした場合のICの1kmピッチ圏域の増減率（1.0以上を色付け）



建物用地 = 62%

人口 = 45%

DID面積 = 44%

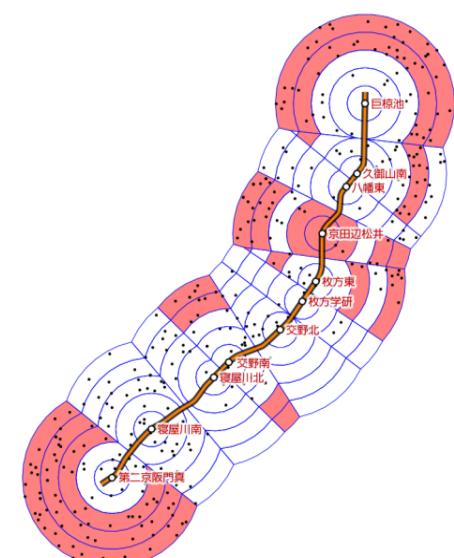
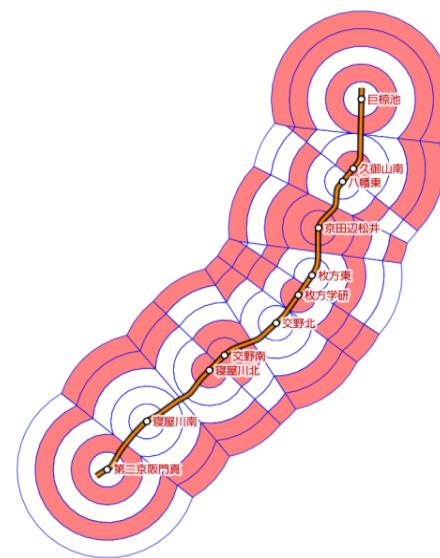
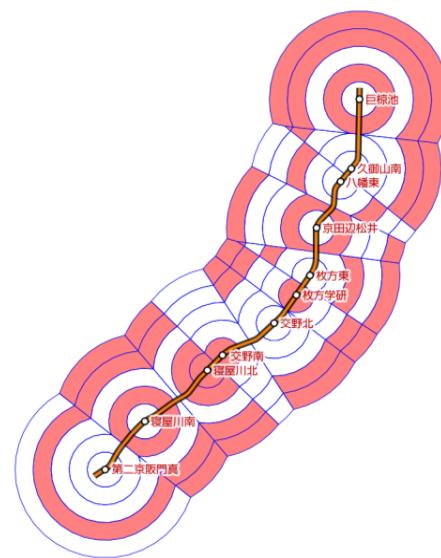
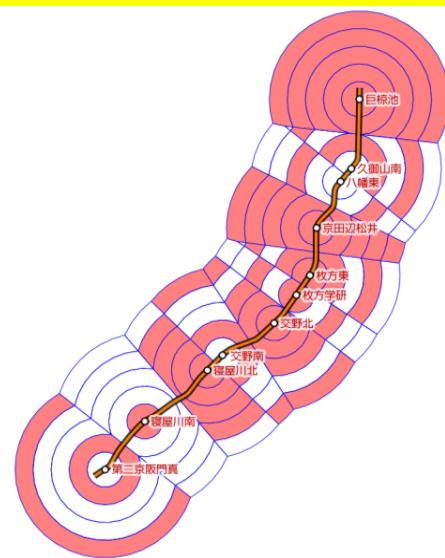
事業所数 = 69%

従業者数

小売業売場面積

小売業年間販売額

平均地価



従業者数 = 56%

小売業売場面積 = 44%

小売業年間販売額 = 51%

平均地価 = 25%

第二京阪道路 ICの5km圏域にかかる自治体の地区計画のリスト（各指標の整理）

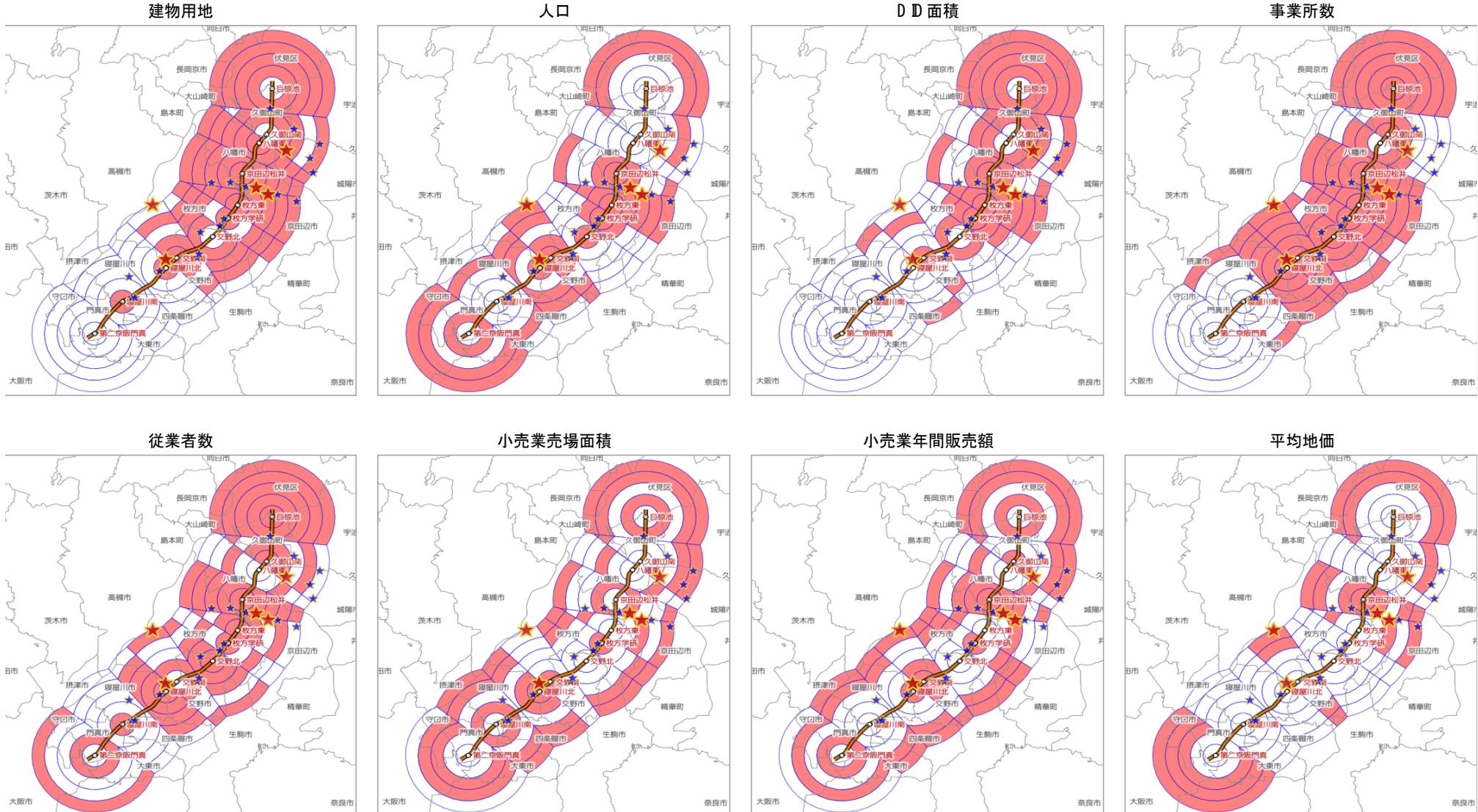
ICの5km圏域全体の増減率を基準とした場合のICの1kmピッチ圏域の増減率											↓ 降順でソート			
抜粋① 計画内容	抜粋② 地価上昇傾向	地区計画	IC距離圏	建物用地	人口	DID面積	事業所数	従業者数	小売業 売場面積	小売業 年間販売額	平均地価	合計値	地区整備 計画の面積	地区計画のねらい
												4	3	2
①		枚方市_津田くにみ坂地区	枚方学研 00~01km	1.90	1.42	1.47	1.80	1.51	16.91	7.25	0.87	33.13	23.40	土地区画整理事業区域において、公共施設の整備にあわせ、良好な住宅地の形成を図る。
①		枚方市_津田南町地区	枚方学研 00~01km	1.90	1.42	1.47	1.80	1.51	16.91	7.25	0.87	33.13	5.20	土地区画整理事業区域において、公共施設の整備にあわせ、良好な住宅地の形成を図る。
①		城陽市_荒見田地区	久御山南 04~05km	1.06	0.98	1.06	0.96	0.96	4.72	2.42	0.96	13.13	13.30	用途の混在を防ぎ、商・工業主体の市街地の形成を図る。
①		城陽市_城陽駅東地区	久御山南 04~05km	1.06	0.98	1.06	0.96	0.96	4.72	2.42	0.96	13.13	7.40	健全で利便性の高い商業・業務地を形成するとともに、周辺の良好な居住環境を形成・保存する。
①		城陽市_城陽上大谷団地	久御山南 04~05km	1.06	0.98	1.06	0.96	0.96	4.72	2.42	0.96	13.13	3.50	民間により宅地開発中。住宅地にふさわしい良好な居住環境の形成を図る。
①	②	枚方市_高田東香里地区	寝屋川北 00~01km	1.21	1.09	0.91	1.41	1.36	3.64	1.35	0.94	11.91	1.90	沿道型の商業・業務施設の立地を誘導する。
①		寝屋川市_寝屋南地区	寝屋川北 00~01km	1.21	1.09	0.91	1.41	1.36	3.64	1.35	0.94	11.91	22.90	広域交通網を利用した商業・流通業務等が複合的に立地する都市拠点の創出。
①	②	京田辺市_花住坂地区	京田辺松井 01~02km	1.40	1.08	1.11	1.39	1.15	1.60	1.61	1.01	10.35	30.00	土地区画整理事業施行区域。住宅地にふさわしい良好な市街地の形成を誘導する。
①		京田辺市_松井山手地区	京田辺松井 01~02km	1.40	1.08	1.11	1.39	1.15	1.60	1.61	1.01	10.35	97.40	大規模な住宅団地として開発が進められており、計画的で良好な居住環境の形成を誘導する。
①		八幡市_欽明台地区	京田辺松井 01~02km	1.40	1.08	1.11	1.39	1.15	1.60	1.61	1.01	10.35	49.10	大規模な市街地開発がすすめられた地区であり、良好な市街地の形成を説明するとともに、現在形成されている良好な市街地の環境を保全すること。
①	②	京田辺市_仲ノ谷地区	枚方東 02~03km	1.31	1.13	1.10	1.22	0.92	1.95	1.59	1.03	10.25	6.50	戸建て住宅を主体とした良好な住宅地を形成する。
①		久御山町_森南大内地区	巨椋池 01~02km	1.35	0.93	1.01	1.29	1.11	1.23	1.39	0.80	9.13	6.40	無秩序な開発の防止、商業施設の集積を図り、新たな交流拠点となる良好な新市街地形成と都市機能の向上を図る。
①		京田辺市_田辺地区	枚方東 04~05km	1.07	1.20	1.11	1.14	0.97	1.30	0.95	1.08	8.83	17.50	適正かつ合理的な土地利用を図り、健全な都市環境を形成及び保持する。
①		京田辺市_西窪地区	枚方東 03~04km	1.16	1.08	1.03	1.11	2.70	0.22	0.40	0.94	8.64	1.20	戸建て住宅を主体とした良好な住宅地を形成する。
①		枚方市_長尾北町地区	京田辺松井 02~03km	1.23	0.91	0.98	1.32	1.10	0.87	1.31	0.82	8.53	3.60	良好な住宅地の形成、および沿道型の商業施設等の誘導を図る。
①	②	枚方市_新町二丁目地区	交野南 04~05km	0.92	1.08	1.00	1.07	1.16	0.88	1.11	1.12	8.34	6.80	水辺環境の調和、合理的・健全な高度利用、教育、文化、福祉、医療施設の複合・融合した土地利用
①		交野市_河内磐船駅北地区	交野南 01~02km	1.07	1.05	0.98	1.18	1.19	0.79	1.08	0.96	8.30	9.30	特定土地区画整理事業による公共施設の整備とあわせ、計画的な秩序ある市街地の創出を図る。
①		交野市_私部南地区	交野南 01~02km	1.07	1.05	0.98	1.18	1.19	0.79	1.08	0.96	8.30	1.70	計画的土地利用を促進し、隣接する公園、学校等の文教環境に調和した住宅地の形成
①		四條畷市_砂地区	寝屋川南 01~02km	0.89	0.94	1.00	0.88	0.82	1.05	0.91	0.97	7.46	19.60	広域的な商業等の都市機能を備えた市街地整備と地域産業の振興の実現
①		寝屋川市_寝屋川駅前線沿道地区	寝屋川南 02~03km	0.91	0.91	0.99	0.88	0.92	0.90	0.89	0.96	7.36	4.30	本市の窓口である寝屋川市駅につながるシンボルロードとしての供用を見据え、当該路線沿道における土地の高度利用を図るとともに、商業・業務系土地利用を誘導するため。
①		交野市_倉治結了地区	交野北 01~02km	1.11	0.98	1.01	1.10	1.01	0.14	0.66	0.94	6.96	5.70	計画的土地利用を促進し、周辺の旧集落と調和した住宅地の形成
①		宇治市_大久保地区	久御山南 02~03km	1.00	0.90	1.00	0.95	0.92	0.54	0.61	0.99	6.90	7.80	住工混在を避け、良好な事業所用地及び住宅用地の形成を行い、周辺の良好な住環境との調和を図る。
①		寝屋川市_新家地区	寝屋川南 00~01km	0.87	0.94	0.99	0.92	1.00	0.62	0.53	0.89	6.75	6.90	主要幹線道路の整備効果の維持増進を図るとともに、計画的な土地利用の誘導を図り、広域的な商業等の都市機能を備えた市街地整備と地域産業の振興を実現する。

1.0以上= 83% 57% 61% 70% 65% 61% 70% 26%

開通エリアの利便を高める道路整備に合わせた都市開発（住宅開発や拠点開発等）のパッケージ施策が有効

地区計画の分布（★、☆）とICの5km圏域全体の増減率を基準とした場合のICの1kmピッチ圏域の増減率（1.0以上を色付け）

- ★ 地区計画：計画内容で抜粋
- ☆ 地区計画：最寄りの地価が上昇傾向



地区計画実施エリア【23地区】：建物用地=83%(全体62%)、人口=57%(全体45%)、DID面積=61%(全体44%)、事業所数=70%(全体69%)、従業者数=65%(全体56%)、小売業売場面積=61%(全体44%)、小売業年間販売額=70%(全体51%)、平均地価=26%(全体25%)

因果推論アプローチに基づくストック効果（雇用促進効果）計測（試算）

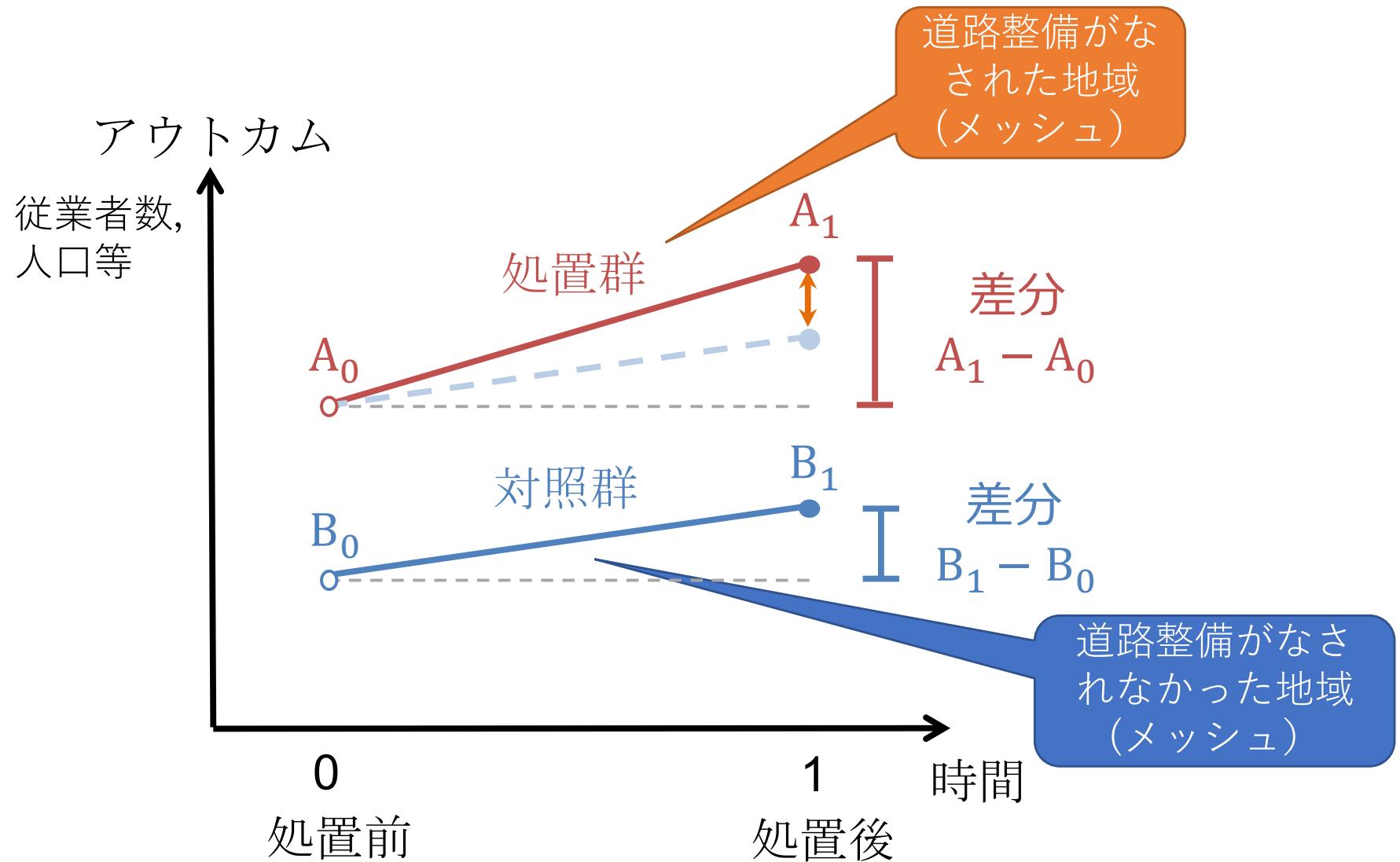
◆ 分析対象

	2017年度	2018年度
地域	第二京阪IC周辺	日本全国IC・JCT周辺
時点	2007年～2014年	1996年～2014年
産業	製造業のみ	全産業

◆ 分析方法

- 差の差分法（DD）

差の差分析 (Difference in difference; DD)



DD回帰モデル

$$Y = \alpha + \beta \sum year + \gamma Area + \delta PostArea + \epsilon_{area}^{year}$$

►ダミー変数

測定したい処置効果

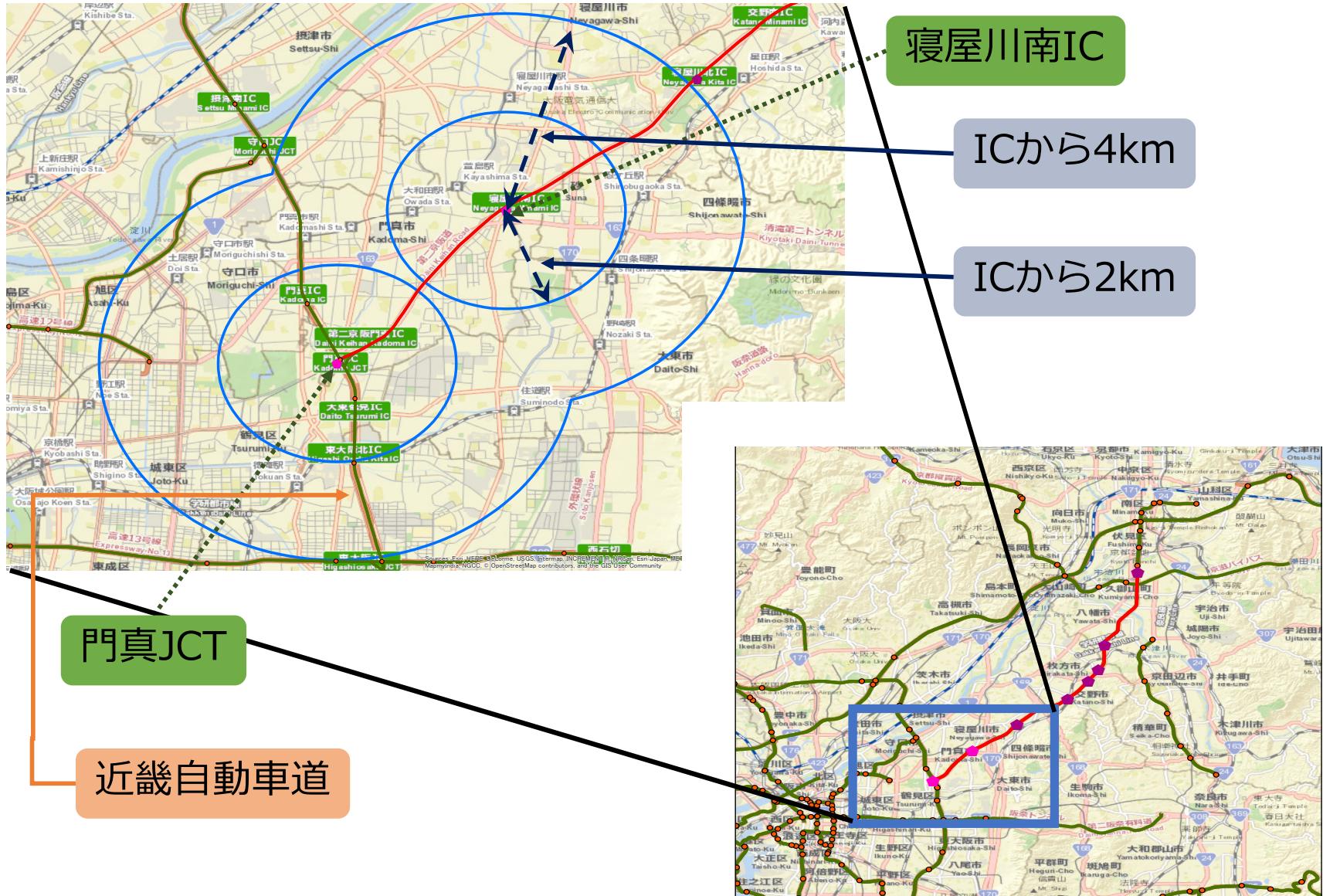
誤差項

- ✓ $Post = 1$: 処置後
- ✓ $Post = 0$: 処置前

- ✓ $Area = 1$: 処置群
- ✓ $Area = 0$: 対照群

固定効果モデル, 変量効果モデルの2通りで推定.

工業統計データを用いた分析～分析範囲～



雇用促進効果の推定結果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
処置群 (treated)	2km圏内		2km圏内		4km圏内		2km圏内	
対照群 (control)	2km-4km圏		2km-8km圏		4km-8km圏		4km-8km圏	
post	-2.837*	0.818	-2.150***	0.355	-1.967***	0.628	-1.979***	0.0469
	(1.512)	(1.823)	(0.402)	(0.530)	(0.452)	(0.567)	(0.301)	(0.429)
area2km	-0.284	-0.539	2.225**	2.231**			2.934***	3.090***
	(1.923)	(2.075)	(1.023)	(1.094)			(0.797)	(0.832)
intermediate	14.59***	1.692	8.400***	0.111	6.534***	-1.787	6.150***	-1.158
	(3.289)	(5.922)	(1.000)	(2.021)	(1.141)	(2.119)	(0.857)	(1.693)
postarea2km	-1.779	-1.456	-2.479**	-2.396**			-2.652***	-2.658***
	(2.430)	(2.387)	(1.169)	(1.161)			(0.792)	(0.850)
postintermediate	-7.812*	-3.690	-3.209***	-1.479	-1.761	0.0662	-1.657*	-0.248
	(4.227)	(4.597)	(1.174)	(1.358)	(1.337)	(1.504)	(0.895)	(1.121)
area2kmintermediate	-6.989	-5.183	-1.091	-1.066			0.674	1.497
	(5.339)	(5.729)	(2.839)	(3.015)			(2.169)	(2.284)
postarea2kmintermediate	10.09	9.736	5.472*	6.075*			3.909*	3.837
	(6.816)	(6.734)	(3.319)	(3.313)			(2.264)	(2.436)
area4km					3.072***	3.481***		
					(0.717)	(0.773)		
postarea4km					-1.561*	-1.895**		
					(0.819)	(0.817)		
area4kmintermediate					5.069**	4.519**		
					(1.995)	(2.129)		
postarea4kmintermediate					-2.188	-1.964		
					(2.343)	(2.343)		
Constant	10.85***	2.936	8.384***	2.996***	7.711***	2.216***	7.756***	3.231***
	(1.198)	(2.237)	(0.352)	(0.724)	(0.396)	(0.750)	(0.304)	(0.595)
Industry Dummies	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes
Observations	15,729	14,984	51,106	48,621	51,106	48,621	41,468	39,463
Number of id	7,873	7,873	25,553	25,553	25,553	25,553	20,752	20,752

中間財投入比率が高い産業ほど、道路整備による雇用促進効果が大きい。

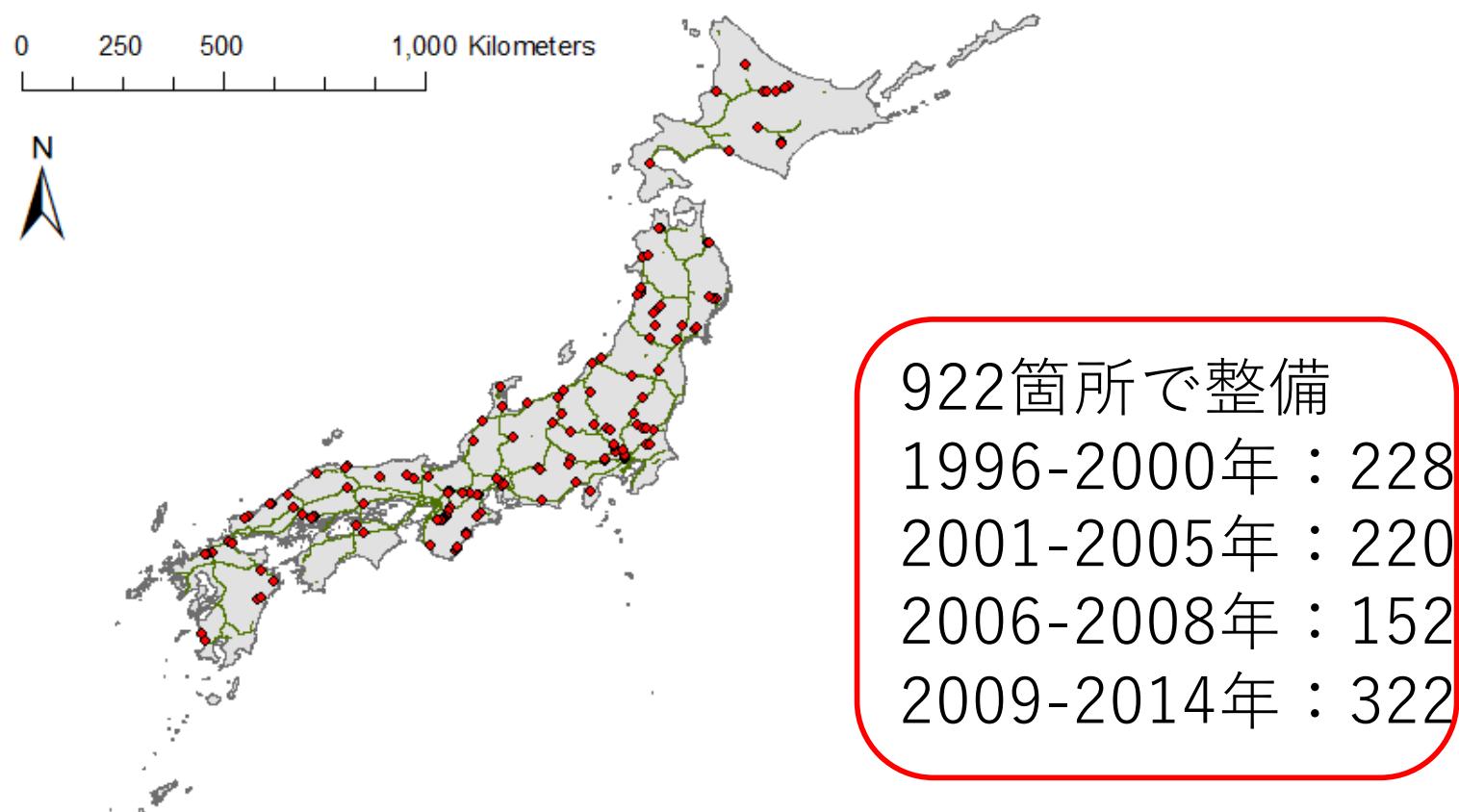
ICから2km圏内で発現している。

Standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

日本全国IC・JCTを対象とした推定

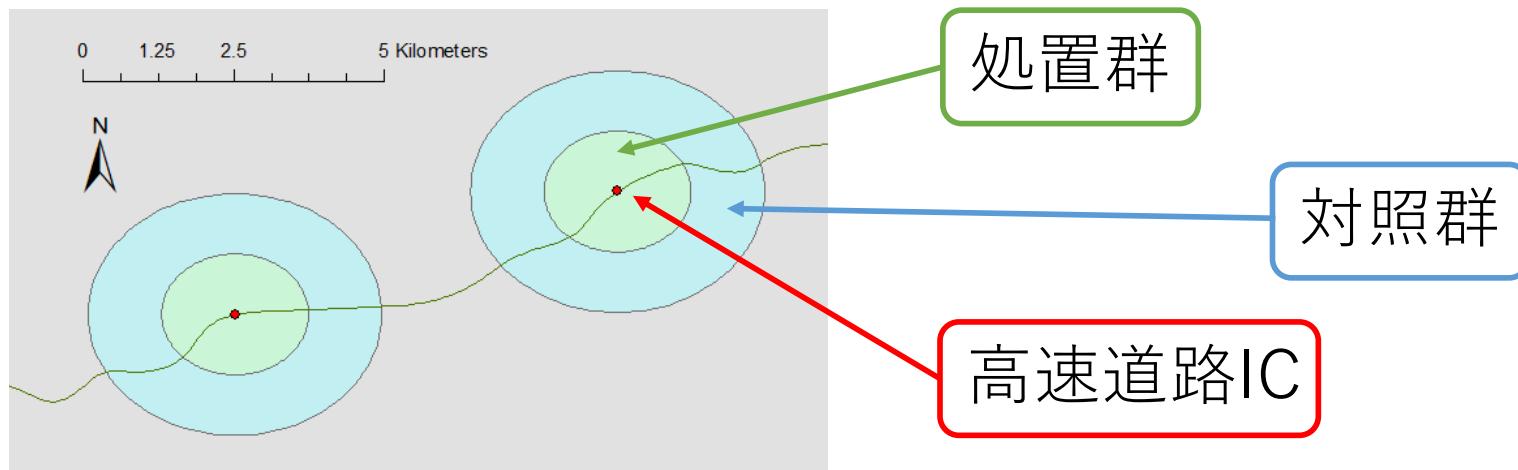
- 1996年～2014年に整備されたIC



ダミー変数 "Area" の決定

✓ 処置群と対照群はICからの直線距離をもとに設定。

ケース	処置群 ($AREA_i = 1$)	対照群 ($AREA_i = 0$)
(1), (2)	1km圏内	1km-2km圏
(3), (4)	2km圏内	2km-4km圏
(5), (6)	4km圏内	4km-6km圏
(7), (8)	6km圏内	6km-8km圏



結果（全産業従業者数）

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Treated	1km		2km		4km		6km	
Control	1km-2km		2km-4km		4km-6km		6km-8km	
Iyear_2006	-0.128 (4.846)	-0.347 (4.842)	-8.017*** (2.873)	-8.060*** (2.876)	-9.335*** (2.361)	-9.488*** (2.364)	-4.198* (2.287)	-4.525** (2.291)
Iyear_2009	22.106*** (8.101)	21.978*** (8.051)	4.448 (4.803)	4.519 (4.798)	5.439 (3.947)	5.129 (3.946)	19.785*** (3.824)	18.947*** (3.823)
Iyear_2014	27.413*** (10.218)	27.497*** (10.151)	-2.896 (6.058)	-2.707 (6.051)	-4.728 (4.978)	-5.068 (4.976)	13.453*** (4.823)	12.413** (4.821)
area	0.000 (.)	13.171 (47.264)	0.000 (.)	-23.601 (44.823)	0.000 (.)	-4.342 (43.004)	0.000 (.)	53.833 (38.580)
postarea	-1.160 (4.683)	-1.214 (4.675)	10.314*** (2.776)	10.246*** (2.779)	3.897* (2.281)	3.991* (2.284)	-3.629 (2.210)	-3.324 (2.213)
_cons	399.693*** (5.610)	393.203*** (33.936)	418.459*** (3.326)	430.218*** (31.889)	426.282*** (2.733)	428.659*** (30.545)	391.867*** (2.648)	365.501*** (27.423)
FE	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No
N	2456	2456	2456	2456	2456	2456	2456	2456
R ²	0.016		0.040		0.066		0.092	

Standard errors in parentheses

* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

✓ 高速道路整備ICが雇用密度に及ぼす効果はおよそ4km圏まで波及し、とりわけ2km圏内で大きい。

結果（運輸業従業者数）

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Treated	1km		2km		4km		6km	
Control	1km-2km		2km-4km		4km-6km		6km-8km	
_Iyear_2006	0.910 (1.657)	0.898 (1.602)	0.552 (0.679)	0.549 (0.673)	0.014 (0.482)	-0.053 (0.479)	0.360 (0.385)	0.220 (0.383)
_Iyear_2009	4.504 (2.770)	5.149** (2.489)	4.042*** (1.135)	4.200*** (1.098)	3.248*** (0.806)	3.154*** (0.786)	4.715*** (0.644)	4.373*** (0.631)
_Iyear_2014	3.461 (3.494)	4.638 (3.117)	1.365 (1.432)	1.654 (1.382)	0.366 (1.016)	0.293 (0.990)	3.053*** (0.812)	2.639*** (0.795)
area	0.000 (.)	5.182 (4.194)	0.000 (.)	2.244 (3.121)	0.000 (.)	2.157 (2.576)	0.000 (.)	3.901* (2.236)
postarea	2.139 (1.601)	1.746 (1.532)	1.458** (0.656)	1.361** (0.648)	0.681 (0.466)	0.697 (0.461)	-0.627* (0.372)	-0.506 (0.370)
_cons	25.025*** (1.918)	22.027*** (3.479)	22.983*** (0.786)	21.761*** (2.349)	21.910*** (0.558)	20.895*** (1.911)	19.079*** (0.446)	17.354*** (1.647)
FE	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No
N	2456	2456	2456	2456	2456	2456	2456	2456
R ²	0.009		0.048		0.083		0.114	

Standard errors in parentheses

* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

結果（製造業従業者数）

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Treated	1km		2km		4km		6km	
Control	1km-2km		2km-4km		4km-6km		6km-8km	
Iyear_2006	-1.287 (2.872)	-0.851 (2.838)	-3.509** (1.567)	-3.518** (1.554)	-5.699*** (0.858)	-5.832*** (0.856)	-5.526*** (0.642)	-5.611*** (0.641)
Iyear_2009	-1.590 (4.802)	0.156 (4.625)	-6.087** (2.619)	-5.809** (2.548)	-8.575*** (1.434)	-8.829*** (1.418)	-6.999*** (1.073)	-7.169*** (1.064)
Iyear_2014	-0.172 (6.057)	2.345 (5.819)	-8.218** (3.304)	-7.705** (3.209)	-11.727*** (1.809)	-11.994*** (1.786)	-10.206*** (1.354)	-10.390*** (1.341)
area	0.000 (.)	16.066 (12.603)	0.000 (.)	9.330 (7.970)	0.000 (.)	8.434 (6.306)	0.000 (.)	12.213** (5.424)
postarea	-1.326 (2.776)	-2.110 (2.732)	2.542* (1.514)	2.370 (1.497)	1.867** (0.829)	1.940** (0.826)	0.514 (0.620)	0.565 (0.619)
_cons	86.661*** (3.325)	77.497*** (9.533)	80.813*** (1.814)	75.974*** (5.936)	75.979*** (0.993)	71.931*** (4.578)	68.680*** (0.743)	62.687*** (3.913)
FE	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No
N	2456	2456	2456	2456	2456	2456	2456	2456
R ²	0.001		0.005		0.050		0.100	

Standard errors in parentheses

* p < 0.1, ** p < 0.05, *** p < 0.01

✓ 運輸業は、IC周辺2km圏、製造業はその外側地域（4km圏）において雇用が増加する傾向がある。

結果（JCT併設ICを区別した推定結果）

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Treated	1km		2km		4km		6km	
Control	1km-2km		2km-4km		4km-6km		6km-8km	
_Iyear_2006	0.645 (4.775)	0.411 (4.772)	-6.315** (2.822)	-6.381** (2.825)	-8.483*** (2.325)	-8.633*** (2.327)	-3.740* (2.254)	-4.036* (2.257)
_Iyear_2009	22.972*** (7.703)	22.779*** (7.662)	9.216** (4.552)	9.213** (4.549)	7.694** (3.750)	7.382** (3.750)	20.354*** (3.636)	19.583*** (3.635)
_Iyear_2014	29.113*** (9.513)	29.093*** (9.459)	3.579 (5.622)	3.663 (5.617)	-1.670 (4.632)	-2.011 (4.630)	14.236*** (4.490)	13.296*** (4.489)
areaJCT	0.000 (.)	386.513*** (135.883)	0.000 (.)	371.117*** (128.772)	0.000 (.)	426.298*** (123.366)	0.000 (.)	479.321*** (110.491)
postareaJCT	-21.710 (13.528)	-21.740 (13.548)	38.391*** (7.995)	38.356*** (8.010)	17.548*** (6.586)	17.624*** (6.598)	-0.092 (6.385)	0.135 (6.399)
areaic	0.000 (.)	23.372 (48.822)	0.000 (.)	-8.673 (46.263)	0.000 (.)	-11.063 (44.320)	0.000 (.)	25.502 (39.695)
postareaic	-1.398 (4.853)	-1.409 (4.850)	4.958* (2.868)	4.927* (2.871)	1.137 (2.363)	1.232 (2.366)	-5.306** (2.291)	-5.034** (2.294)
_cons	399.111*** (5.431)	377.816*** (31.561)	415.798*** (3.210)	407.414*** (29.615)	425.013*** (2.644)	416.018*** (28.324)	391.495*** (2.563)	366.798*** (25.389)
FE	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No
N	2456	2456	2456	2456	2456	2456	2456	2456
R ²	0.018		0.048		0.069		0.094	

Standard errors in parentheses

* p < 0.1, ** p < 0.05, *** p < 0.01

3. JCTに併設するICの開設は、通常のIC開設と比べて約8倍の雇用促進効果がある

道路整備の事後評価への示唆： 雇用促進効果や立地促進効果

- 道路整備が立地や雇用に結びつけるには、以下の点が重要であることが示唆された。（「出る」から「出す」ためには）
 - ✓ インターチェンジやジャンクションへのアクセスの容易さを確保すること。
 - ✓ 地区計画等の道路整備との相乗効果を期待しうる開発計画をあわせて実施すること。
- 因果効果推定に資する知見（効果の空間的波及範囲）
 - ✓ 第2京阪を対象とした分析、全国の高速道路を対象とした分析の双方において、処置群を概ね2km圏内とし、それ以遠5-6km圏内を対照群とすることが有効であることが示唆された。

②道路整備による災害レジリエンス向上機能の計量化

道路の防災機能評価の高度化に向けた検討

1. リダンダンシー向上効果の評価

- ・ハザード条件を現実に近い状態（地震）に設定して評価を実施
- ・地震に対する計画（道路啓開計画）を踏まえ、時間軸を考慮した評価を実施
- ・南海トラフ巨大地震発生時における和歌山県沿岸地域の道路ネットワークを対象とした検討

2. レジリエンス向上効果の評価

- ・道路ネットワークの災害レジリエンス機能評価
- ・和歌山県沿岸地域における道路ネットワークを対象とした検討



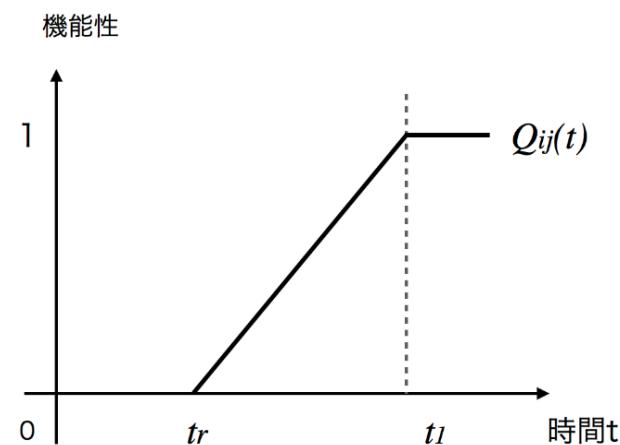
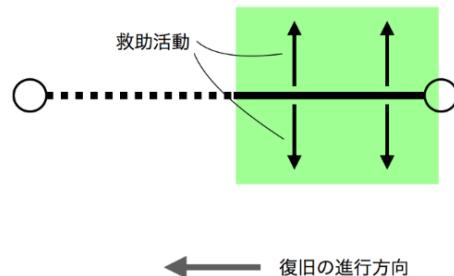
道路機能に着目した統合的なレジリエンス向上効果の評価法

道路ネットワークの災害レジリエンス機能

発災からの経過時間	災害対応の段階（機能に対応）	指標（例）
数日	救命救急	拠点病院などへのアクセシビリティ（連結性）
数か月	救援（救援物資輸送）	災害拠点から避難所等へのアクセシビリティ（連結性・所要時間）
数か月	復旧活動	交通容量・消費者余剰
数年	経済活動の継続・復興	交通容量・消費者余剰

- 各災害対応段階ごとの道路機能に着目した評価：

$$R = \int_0^{t_1} \left\{ 1 - \sum_j \omega_j^i Q_j^i(t) \right\} dt$$



- 幹線道路である国道42号は沿岸部に位置しており、南海トラフ巨大地震の発生時には、津波の来襲により広範囲に渡り道路が寸断されると予想される。
- 災害時に機能する代替ネットワーク（近畿自動車道紀勢線）が求められている。



出典：和歌山県企画部情報政策課、和歌山県地理情報システム (<http://www2.wagayamaken.jp/wakayamaken/Portal?mid=759>)

- 紀南地域では、平成27年度に紀勢自動車道（田辺～すさみ南）、那智勝浦新宮道路（那智勝浦～市屋）が供用
- 引き続き延伸となるすさみ串本道路、県境の新宮紀宝道路が事業中。



3. 道路啓開の基本的考え方

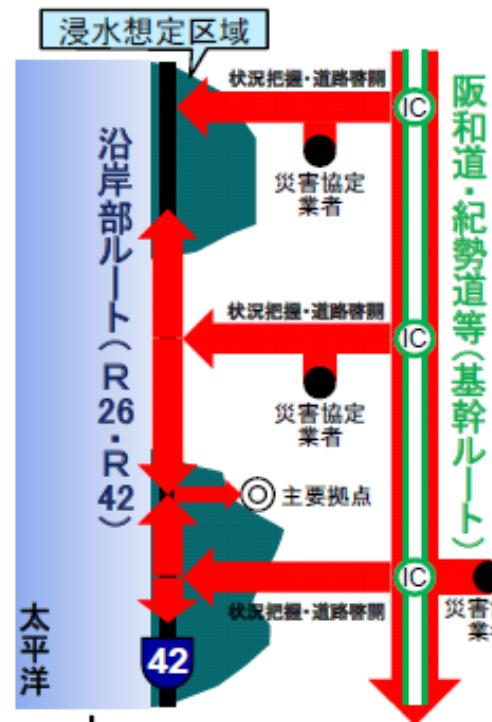
3.4 啓開目標

人命救助を目指した救助・救援ルートを確保するため『道路啓開』の段階目標(STEP1~3)を設定。

【STEP1⇒24時間以内完了目標】
基幹ルート、及び沿岸部への進出
ルート等(浸水想定区域外)を確保



【STEP2⇒48時間以内完了目標】
主要拠点(市役所等)への進出ルートを確保



【STEP3⇒72時間以内完了目標※】
沿岸部への進出ルート、及び
沿岸部ルートを確保



東日本大震災では津波警報解除は発災から約30時間後

※紀勢道の未整備区間では72時間以内の道路啓開完了が困難

レジリエンス向上効果の評価

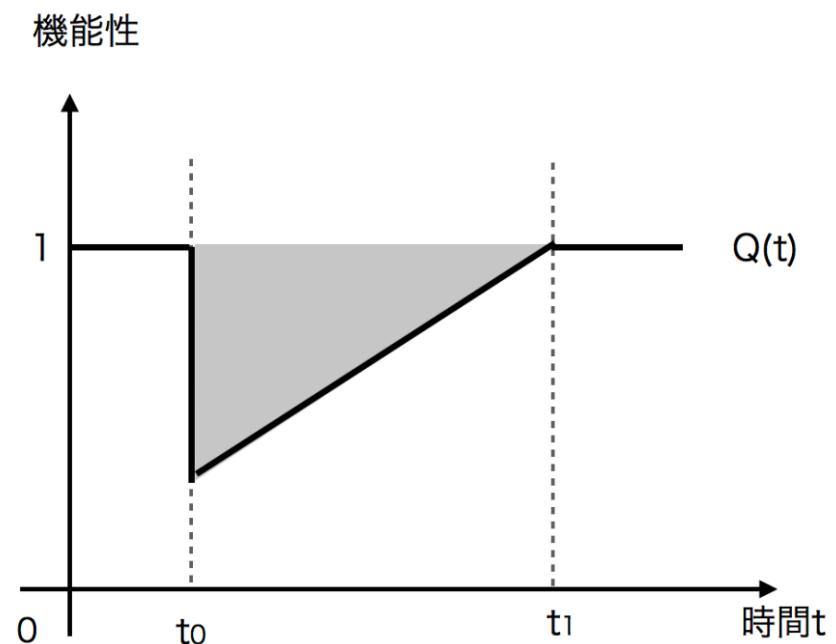
レジリエンス評価の考え方 (Bruneau et al, 2003)

- 規定要因 :

- 抵抗力(Robustness)
- 冗長性(Redundancy)
- 資源性(Resourcefulness)
- 迅速性(Rapidity)

- 定量評価

$$R = \int_{t_0}^{t_1} \{1 - Q(t)\} dt$$

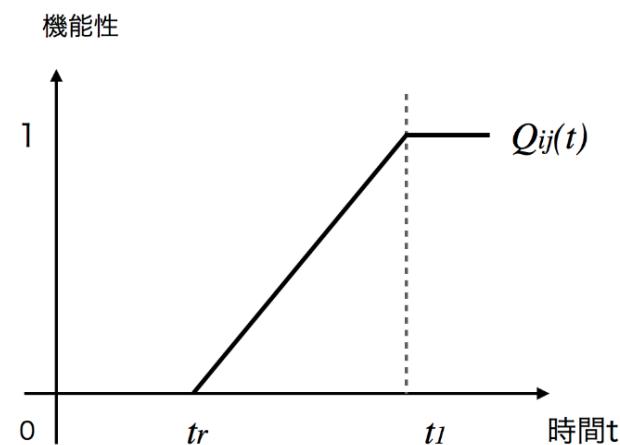
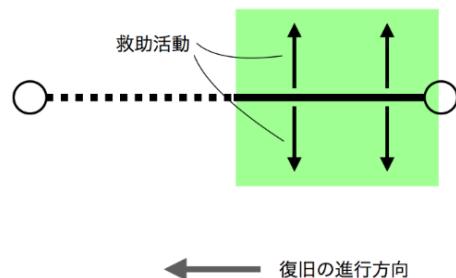


道路ネットワークの災害レジリエンス機能

発災からの経過時間	災害対応の段階（機能に対応）	指標（例）
数日	救命救急	拠点病院などへのアクセシビリティ（連結性）
数か月	救援（救援物資輸送）	災害拠点から避難所等へのアクセシビリティ（連結性・所要時間）
数か月	復旧活動	交通容量・消費者余剰
数年	経済活動の継続・復興	交通容量・消費者余剰

- 各災害対応段階ごとの道路機能に着目した評価：

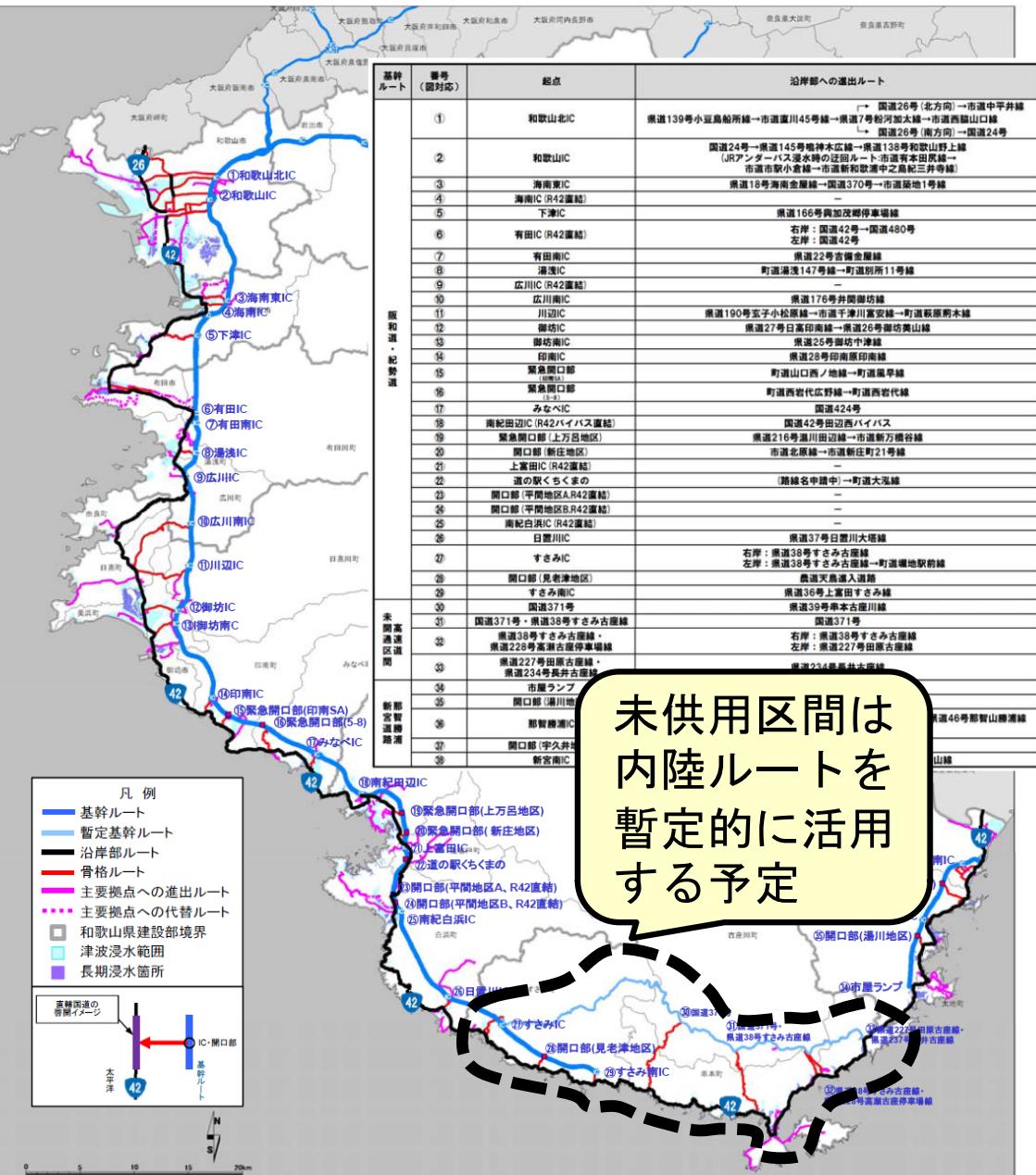
$$R = \int_0^{t_1} \left\{ 1 - \sum_j \omega_j^i Q_j^i(t) \right\} dt$$



災害発生後のネットワークを再構築

- 「啓開ルート」を考慮し、啓開目標のSTEP 3（地震発生後から約24時間→約48時間→約72時間後）の道路ネットワーク状況を想定し、検討を実施

※狭小幅員をハザード設定に考慮



出典) 和歌山県道路啓開協議会：南海トラフ地震に伴う津波浸水に関する和歌山県道路啓開計画、平成29年8月。

分析①：Scenario 1 と Scenario 2 の結果（Without）を比較し、地震被害による和歌山県内の道路ネットワークの脆弱度合いを確認

分析②：Scenario 2 の条件（地震ハザードのみを想定）により、紀勢自動車道が全線整備された時の効果を検討

分析③：Scenario 2 の条件に道路啓開計画を反映し、時間軸による評価を実施

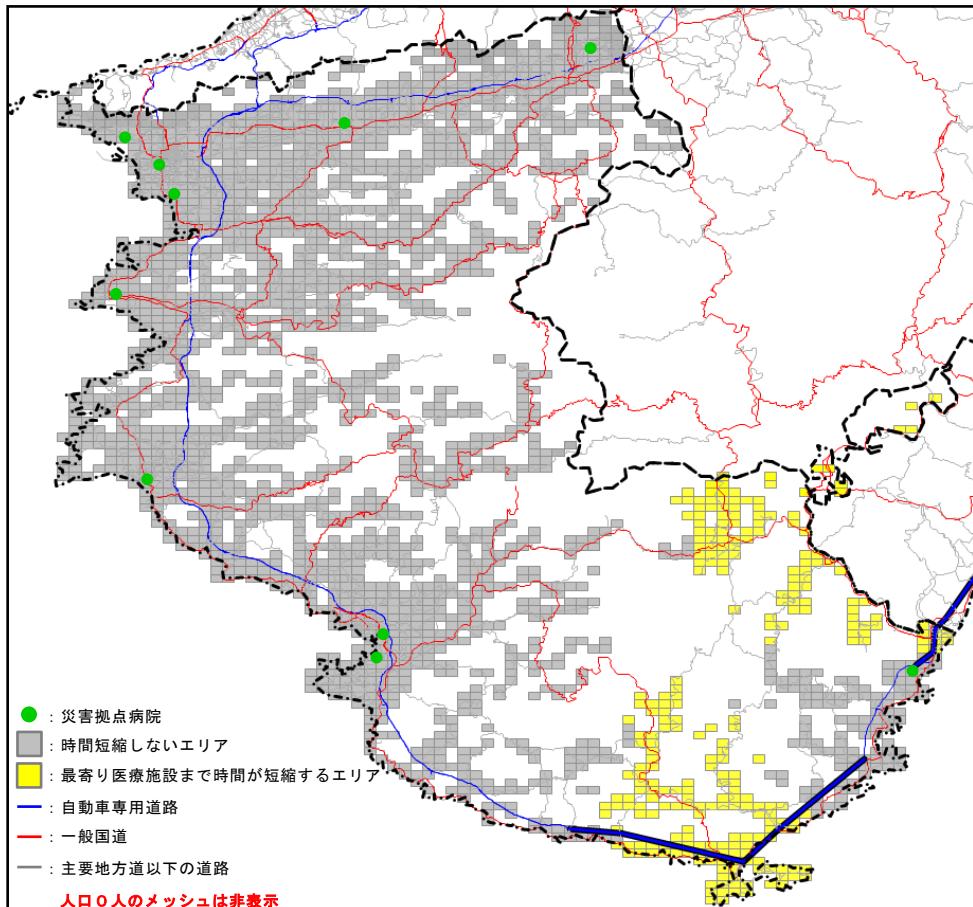
内陸ルートには未改良区間が多数存在するため、未改良区間もハザードに反映

前提条件	(参考) 既存の評価手法	本検討		
		Scenario1	Scenario2	Scenario3
ハザード条件	事前通行規制区間	○	○	×
	津波浸水区間	○	○	○(啓開計画反映)
	未改良区間	○	○	○
	未耐震区間	○	○	○(啓開計画反映)
	冬期通行不可	○	○	×
	防災点検要対策箇所	○	○	×
基本ネットワーク	事業化 NW	現況 NW(H28年度)	現況NW(H28年度)	現況NW(H28年度)
計算ペア数	512ペア	512ペア	512ペア	512ペア

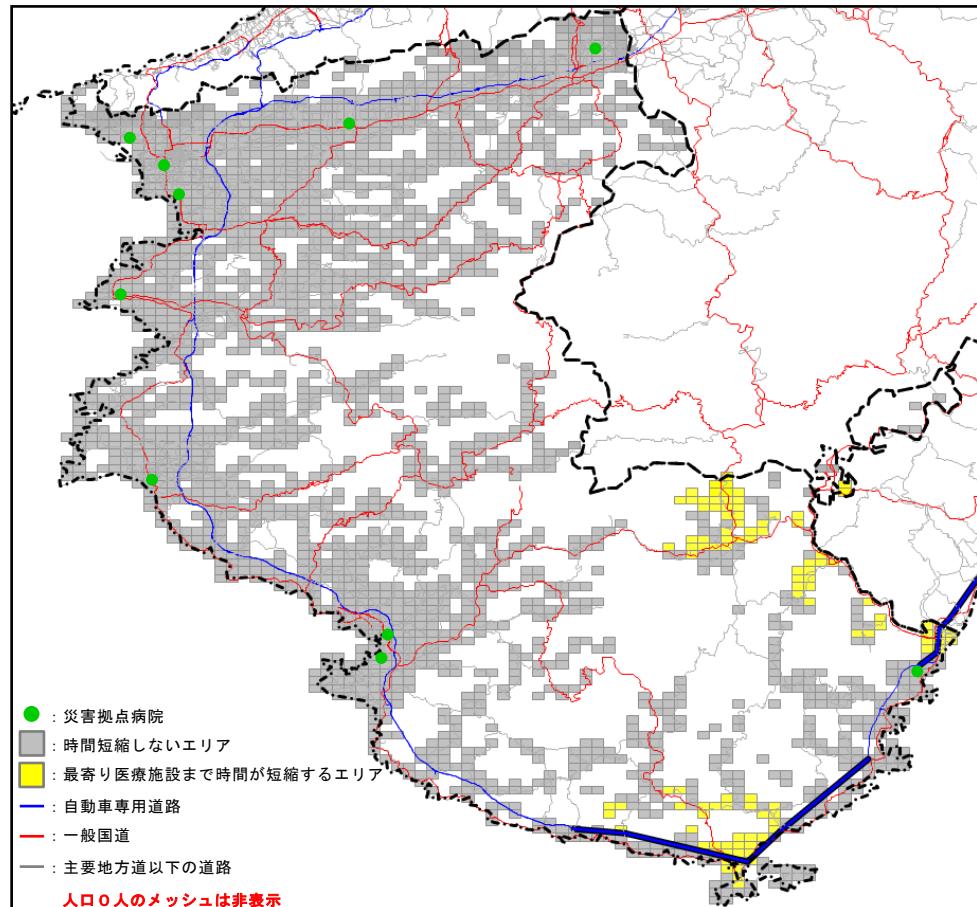
- 検討結果より、災害発生から概ね48時間後の道路ネットワーク（啓開計画反映）を想定
- 紀勢自動車道の整備により、（最寄り）災害拠点病院※までの時間を計測

※和歌山県地域防災計画で定められた病院

【通常時：整備前後の時間短縮メッシュ】

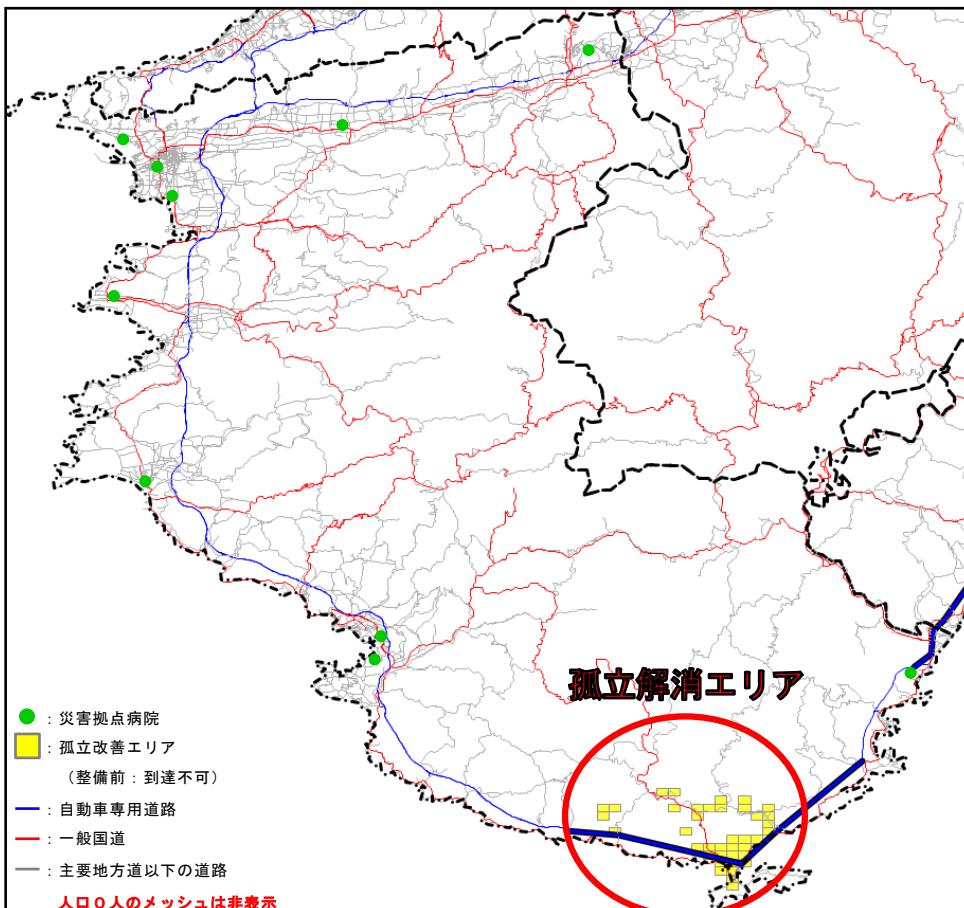


【被災時：整備前後の時間短縮メッシュ】



- 前頁で算定した結果から、被災前後において災害拠点病院までの30分圏エリアが拡大
- さらに被災時において、紀勢線が整備されることで解消する孤立人口を算定
- 主には串本町周辺のエリアで災害拠点病院までの孤立人口が解消（約1万人）

【孤立改善メッシュ】



【前頁での人口整理】

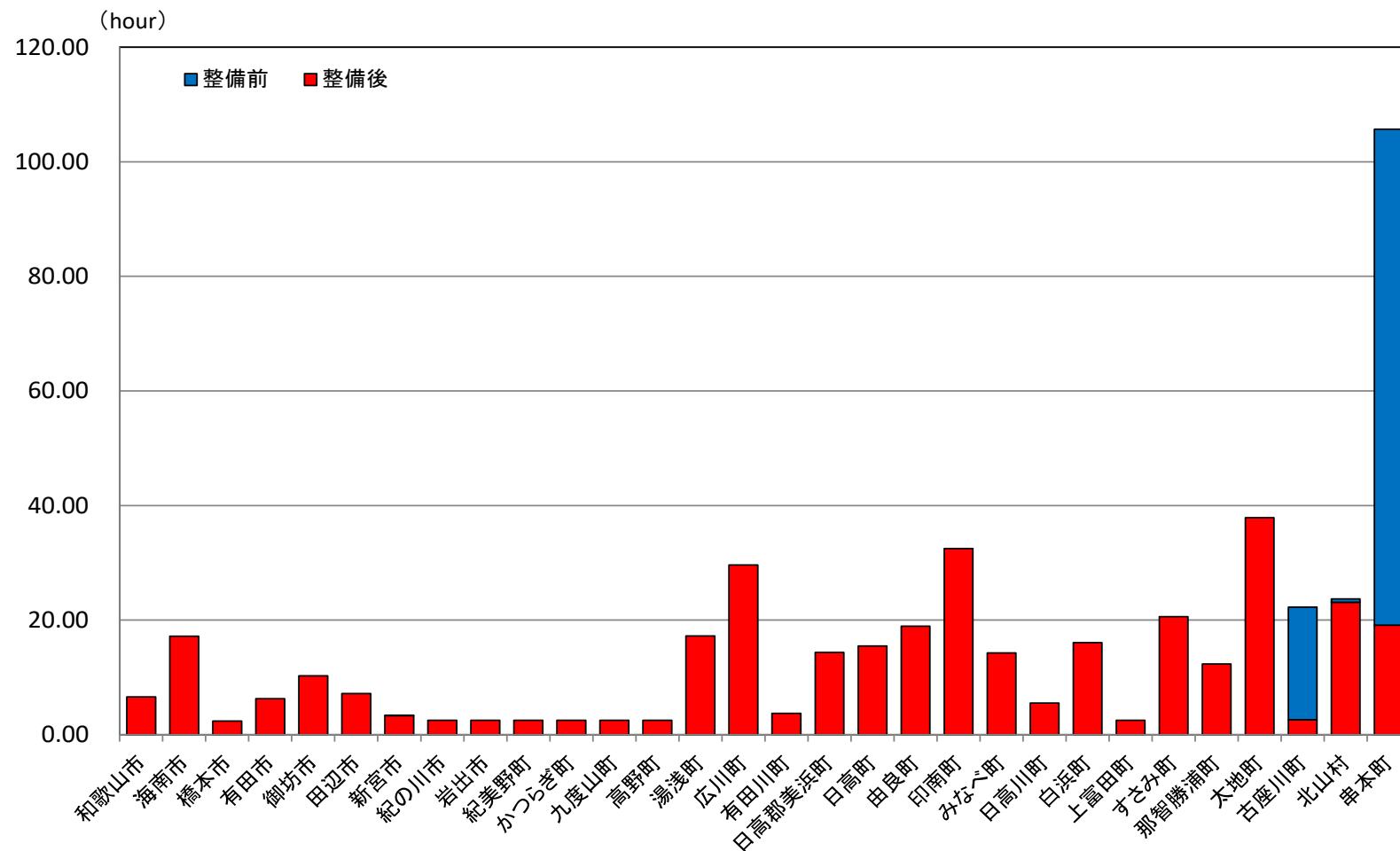
想定状況	整備有無	人口(人)*	割合
通常時	整備なし	944,384	94.0%
	整備あり	947,506	94.3%
被災時	整備なし	606,651	60.4%
	整備あり	607,752	60.5%

*30分圏人口

【孤立人口の整理】

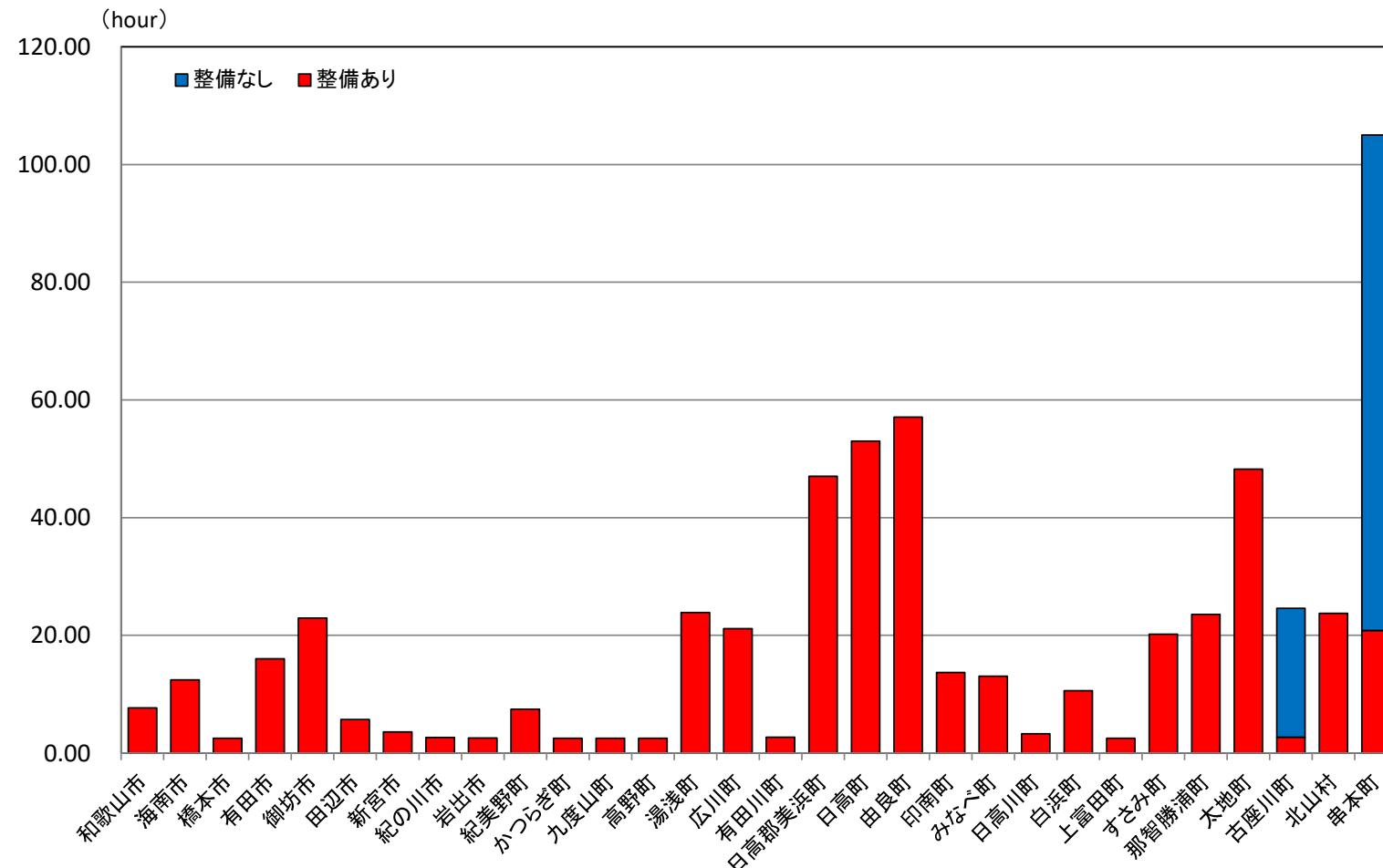
整備有無	人口(人)
整備なし	279,605
整備あり	269,679
差	9,926

救命救急に関するレジリエンス指標：
救急指定病院にアクセスできない人口の比率×アクセスできない時間の累積値



串本町では、105.68 (時間) → 19.1(時間) と劇的に変化

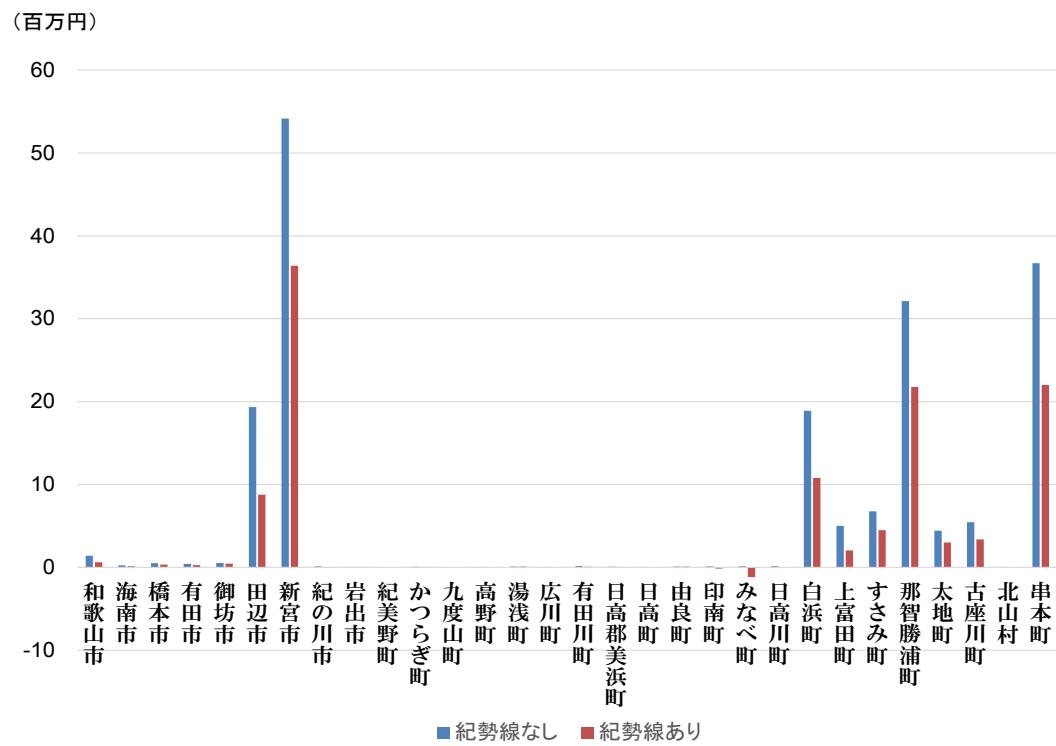
支援物資輸送に関するレジリエンス指標：
広域物資輸送拠点にアクセスできない人口の比率×アクセスできない時間の累積値



串本町では、105.01（時間）→20.83(時間)と劇的に変化

- 多地域空間応用一般均衡モデル+交通均衡配分
 - モデルの条件設定：
 - 短期均衡：人口・資本の移動不可
 - 交通ネットワークの被災を反映しうるSCGEモデル：
小規模・多地域モデル（284ゾーン、17セクタ）
 - 災害後の交通需要の変化（SCDEモデルからの出力に連動）→均衡配分

和歌山県内の地域別被害額の帰着



和歌山県への帰着被害額は4割軽減

災害時の地域間所要時間変化率 (%)

紀勢線整備前						
起 点 終点	滋賀県	京都府	大阪府	兵庫県	奈良県	和歌山 県
滋賀県	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	5.6
京都府	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	4.7
大阪府	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	6.2
兵庫県	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	4.5
奈良県	0.1	0.2	0.2	0.1	0.4	5.5
和歌山 県	5.6	4.7	6.2	4.5	5.5	20.7

紀勢線整備後						
起 点 終点	滋賀県	京都府	大阪府	兵庫県	奈良県	和歌山 県
滋賀県	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	8.6
京都府	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	6.2
大阪府	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	8.2
兵庫県	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	5.9
奈良県	0.2	0.3	0.4	0.2	0.6	7.9
和歌山 県	8.6	6.2	8.2	5.9	7.9	28.8

1. ストック効果の計量化の意義と課題

- 交通3便益として計量化されている便益は紛れもなくストック効果であるが、計量化が困難である等の理由によって便益として計量化されていない便益も少なからずあり、それらを便益に反映するための方法論の開発は今後とも継続していく必要がある。
 - その一方で、道路整備の必要性を構成する要素（機能）に関しては、単に便益の変化として計量化することを目指すのではなく、機能そのものの改善状況を示し、それを国民に問うことの必要性が増してきているものと考えられる。これは、**ストック効果の「見える化」**であり、道路管理者が果たすべき説明責任として実施すべき内容である。道路整備が達成する機能の水準が実際に達成されたのか否か、どういう条件でそれが可能となったのか（ならなかったのか）を明らかにするうえでも、特に、**事後評価においてデータを収集・解析し、今後の道路整備へフィードバックしていく仕組みの確立が求められている。**
- 本研究では、このような問題意識から、①道路整備と立地変化、②道路整備に伴うレジリエンスの向上効果に目的を絞り検討を進めた。

2. 道路整備と立地変化

- 道路整備によって生じる立地変化を把握するために、主として**差の差分析**を用いる方法を提案し、第二京阪道路の整備が実際に立地や他の社会経済指標に影響を及ぼしたのかを分析した。その結果、**概ね2km圏までのエリアに対して道路整備の影響が見出されること**、製造業の雇用に関しては概ね中間財投入比率の高い産業の雇用をもたらす効果があることが確認された。
- 高速道路は多くの場合山間部等、本来は開発ポテンシャルの低い地域に計画されることが多い。このための高速道路が整備効果を発現するためには、**整備に合わせた都市開発（住宅開発や拠点開発等）のパッケージ施策が有効である**と考えられる。
- 全国の高速道路とその背後圏を対象とした分析も実施した結果、1) 高速道路整備が雇用密度に及ぼす効果はおよそ4km圏まで波及し、とりわけ2km圏内で大きくなること。2) IC周辺地域（2km圏）において運輸業、の外側地域（4km圏）において製造業の雇用が増加する傾向があること、3) JCTに併設するICの開設は通常のIC開設と比べて約8倍の雇用促進効果があること等が明らかとなった。

3.道路整備に伴うレジリエンスの向上効果

- 小規模・多地域に対応した空間的応用一般均衡モデルを用いて、災害によって生じる道路ネットワークの寸断が経済活動に及ぼす影響を分析するためのモデルの改善方法を示し、和歌山県南部地域におけるケーススタディを通じて改良の効果を検討した。その結果、従来型の分析に比べると、紀勢線の整備に伴って生じるリダンダンシーの効果がより高く算定されうることが示された。
 - 紀勢線の整備は経済活動の維持のみならず、早期の道路啓開に貢献し、災害直後の救命救急、緊急支援物資輸送の効率化（迅速化）にも資する。これらの効果を災害に対する抵抗力と回復力の2つの側面を同時に考慮した指標としてレジリエンス指標を定義した。その上で、紀勢線の整備によって生じるレジリエンス機能の向上を計量化する方法を示し、紀勢線の整備を事例としてその試算を行った。
- レジリエンス向上効果の評価方法の提示

1. データ整備の重要性

- 道路整備の進捗状況をデータ化し、それに伴う社会経済変化はもとより、関連する開発計画がいかになされたか、今後より一層体系的な整備を進めていくことが必要である。
- 災害に関連した分析を行うには、被災状況と復旧日時の情報にとどまらず、復旧のための投入資源量や仮復旧時の道路機能（共用車線数、規制状況）、その際に特になされた工夫（民有地の一次借り上げ、仮設道路の建設）等もあわせたデータベースの構築が望まれる。

2. 地域社会経済指標との関わり

- 仮に道路整備によって雇用や立地が増加したとしても、マクロにみれば当該地域での雇用や立地の増加が他地域での雇用や立地の減少を招いているのではないかという議論はしばしばなされる。本研究ではこの点に関しては分析を行っていない。道路整備による負の効果の計量化はもちろん重要な課題であるが、今後の課題として指摘するにとどめておきたい。