

卒業論文

放射・環状型道路ネットワーク整備による効果の発現特性に関する研究

令和7年2月4日

神戸大学工学部市民工学科

氏名： 澤田 遼

学籍番号： 2184219T

主査：織田澤利守 副査：瀬谷創

卒業論文

放射・環状型道路ネットワーク整備による効果の発現特性に関する研究

令和 7 年 2 月 4 日

神戸大学工学部市民工学科

氏名： 澤田 遼

学籍番号： 2184219T

目次

1	はじめに	1
1.1	本研究の背景	1
1.2	本研究の目的と手法	1
1.3	本研究の構成	1
2	本研究の位置付け	3
2.1	既往研究の整理	3
2.2	本研究の位置付け	3
3	分析データ	5
3.1	分析対象	5
(1)	対象の環状道路と放射道路	5
(2)	分析対象地域	8
3.2	使用データ	8
(1)	高速道路データ	9
(2)	地価データ	9
(3)	交通量データ	9
(4)	所要時間データ	10
3.3	データの作成	11
(1)	使用したデータ	11
(2)	接続本数データ	11
(3)	マーケットアクセス指標	12
3.4	データの記述統計	13
3.5	指標と記述統計	14
4	分析	15
4.1	固定効果推定	15
4.2	分析手法	16
(1)	基本分析	17
(2)	個別トレンド分析	17

5	分析結果と考察	20
5.1	基本分析	20
	(1) 接続本数分析	20
	(2) 所要時間最小分析	20
5.2	個別トレンド分析	20
6	終わりに	21
6.1	本研究のまとめ	21
6.2	今後の課題	21
	参考文献	23
	付録	24
	謝辞	25

図目次

3.1	圏央道概要図	6
3.2	Δ 地価と IC 距離	13
3.3	Δ 地価と H13 地価	14

表目次

3.1	圏央道供用年次	7
3.2	使用するデータ一覧	8
3.3	放射道路の交通量	10
3.4	経路探索条件	11
3.5	接続本数データの例	12
3.6	使用するデータの一覧	15

1 はじめに

1.1 本研究の背景

社会資本投資は、インフラ整備を通じて地域経済の活性化や住民の生活の質向上に寄与する重要な政策手段である。道路や鉄道、教育施設、医療機関などへの投資は、直接的な経済効果だけでなく、長期的な地域発展に大きな影響を与えていると考えられている。しかし、その具体的な効果については、地域特性や投資対象の種類、投資規模によって異なり、明確な結論に至っていない部分も多いのが現状である。特に、地方都市や過疎地域では、社会資本投資がどの程度地域経済に波及効果をもたらすのか、また、その効果が持続可能な形で現れるのかを定量的に示す必要がある。本研究は、社会資本投資が地域経済に与える影響を実証的に分析し、効率的な資源配分や政策立案に資する知見を提供することを目的とする。

1.2 本研究の目的と手法

本研究の目的は、社会資本投資が地域経済に及ぼす影響を実証的に明らかにし、その波及効果を定量的に評価することである。具体的には、社会資本投資が地域の雇用創出や所得向上、生産性向上にどのような形で寄与するかを検証し、政策効果を科学的に測定することを目指す。特に、地域特性や経済的条件の違いが投資効果に与える影響を詳細に分析することで、投資の効率性を高める方策を提案する。また、短期的な経済効果だけでなく、長期的な持続可能性や地域間格差への影響についても検討を行い、政策立案に資する実践的な知見を提供する。本研究は、社会資本投資を通じた地域経済の発展メカニズムを明らかにし、今後のインフラ投資のあり方や地域政策の方向性に対する新たな視点を提示することを目指す。

1.3 本研究の構成

本研究は全5章で構成されている。第1章「はじめに」では、社会資本投資が地域経済に与える影響の重要性を背景として説明し、研究目的と課題を提示する。第2章「既往研究の整理と本研究の位置付け」では、社会資本投資と経済成長、全要素生産性（TFP）に関する理論や実証研究を概観し、本研究の新規性を明確にする。第3章「研究方法」で

は、地域間の付加価値成長率と TFP を従属変数とし、社会資本投資を主要な独立変数として回帰分析を実施する手法を説明する。さらに、使用するデータ（例：地域経済データ、インフラ投資統計）やマクロ経済モデルの枠組みを具体的に提示する。第 4 章「結果と考察」では、回帰分析の結果を詳細に報告し、社会資本投資が地域経済成長と生産性向上に与える影響を定量的に評価する。また、結果に基づいた政策的インプリケーションを議論する。最後に、第 5 章「おわりに」では、本研究の総括と得られた知見を示すとともに、今後の課題や研究展望を提示する。

2 本研究の位置付け

2.1 既往研究の整理

一般にマーケットアクセス指標とは目的地へのアクセスのしやすさを表す指標である。Harris¹⁾ は、地域 i におけるマーケットアクセスを次のように定義した。

$$MA = \sum_{i \neq j} E_j / d_{ij}$$

ここで、 E_j は目的地の魅力を表し、人口や雇用者密度など経済規模に関する値が用いられる。 d_{ij} は地域 i と j の間の交通抵抗を表す。Harris タイプのマーケットアクセス指標は多くの実証分析に用いられている。Redding and Vevables²⁾ は新経済学地理学に基づいてマーケットアクセスと賃金の関係式を導出し、マーケットアクセスの違いが一人当たり GDP の格差を生じさせることを世界 101 カ国を対象とした分析によって示した。Head and Mayer³⁾ は EU 諸国を対象にマーケットアクセスが賃金に及ぼす影響を明らかにした。また、Combes et al.⁴⁾ はマーケットアクセスを集積の対象として捉え、集積の便益の推計を行っている。しかし、これらの研究では交通抵抗として 2 地域間の直線距離を採用しているため、交通インフラのネットワーク性を十分に考慮することができていない。織田澤・足立ら⁵⁾ は交通抵抗に ij 間の自動車による交通所要時間を用いてマーケットアクセスと地価の関係式を導出し、マーケットアクセスが高ければ地価も高い水準にあるという因果効果を明らかにした。

2.2 本研究の位置付け

本研究は、地域間の付加価値成長率と全要素生産性 (TFP) を従属変数とし、社会資本投資が地域経済に与える影響を実証的に分析することを目的とする。特に、社会資本投資の経済効果を地域特性や投資規模の観点から評価し、その効果の異質性や波及メカニズムを明らかにすることに新規性を持つ。また、マクロ経済モデルを活用し、短期的な効果にとどまらず、長期的な持続可能性や地域間格差の是正に対する社会資本投資の役割を解明することを目指す。さらに、本研究は、公共投資の効率性を向上させるための基盤的な知見を提供することを意図している。具体的には、社会資本投資がどのようにして地域の経済成長や生産性向上を支えるのかを詳細に分析し、効率的な資源配分や政策立案に資する実践的な指針を提示する。本研究の成果は、学術的な貢献に加え、地域経済政策におけ

る社会資本投資の最適なあり方を探る上での新たな示唆を与えるものである。

3 分析データ

3.1 分析対象

(1) 対象の環状道路と放射道路

本研究では、圏央道整備による整備効果の推定を行なう。圏央道（首都圏中央連絡自動車道）は、東京都心から約 40～60km を環状に連絡する高規格幹線道路である。東名高速道路、中央自動車道、関越自動車道、東北縦貫自動車道、常磐自動車道、東関東自動車道等の放射状に伸びる高速道路や都心郊外の主要都市を連絡し、東京湾アクアライン、東京外かく環状道路等と一体となって首都圏の広域的な幹線道路網を形成している⁶⁾。最初の区間は 1996 年に開通し、その後徐々に延長され、最新区間は 2017 年に開通した。計画総延長は約 300km で、すでに約 270km の主要区間が開通しているほか、南西部や東部では 2026 年の開通が予定されている。ほとんどの区間が 4 車線区間であるが、東部の交通量が少ない一部区間では、暫定 2 車線区間として建設されており、車線拡張プロジェクトが進行中である。圏央道の概要については図 3.1 に、圏央道の各区間供用年次については表 3.1 に示す。

また、本研究での放射道路は圏央道に接続する東名高速道路、中央自動車道、関越自動車道、東北縦貫自動車道、常磐自動車道、東関東自動車道水戸線、東関東自動車道館山線を指す。

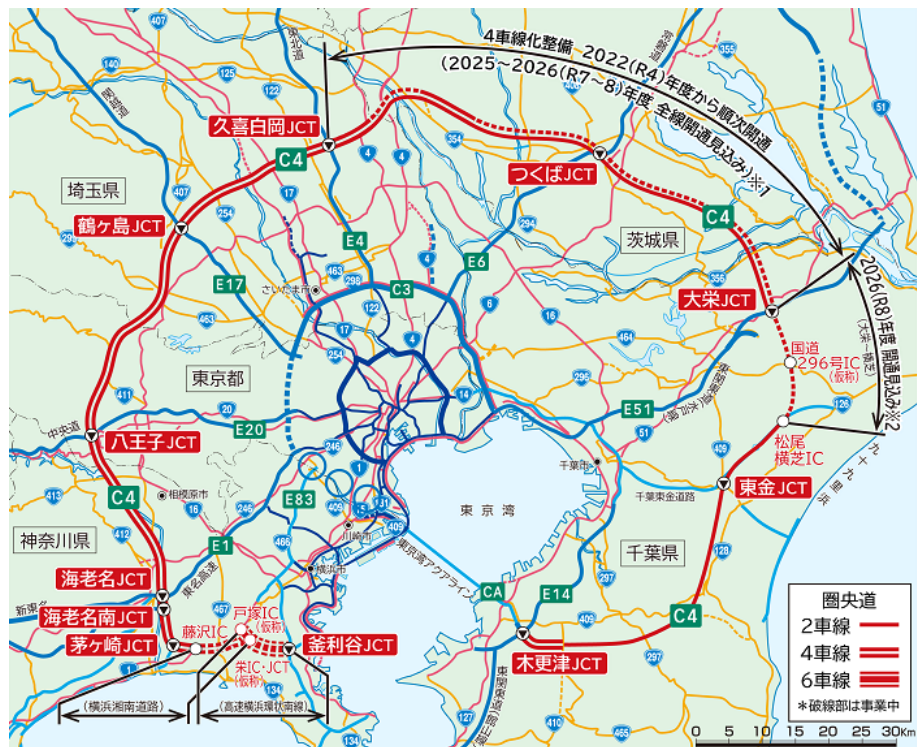


図 3.1 圏央道概要図

表 3.1 圏央道供用年次

年	区間供用年次
～2001	茅ヶ崎 JCT～藤沢 IC (1998), 青梅 IC～鶴ヶ島 JCT (1996), 東金 IC～松尾横芝 IC (1998)
2002	日の出 IC～青梅 IC
2003	つくば JCT～つくば牛久 IC
2004	——
2005	あきる野 IC～日の出 IC
2006	——
2007	つくば牛久 IC～阿見東 IC, 木更津東 IC～木更津 JCT, 八王子 JCT～あきる野 IC (中央道～関越道路)
2008	鶴ヶ島 JCT～川島 IC
2009	阿見東 IC～稲敷 IC
2010	海老名 JCT～海老名 IC, 川島 IC～桶川河本 IC, つくば中央 IC～つくば JCT
2011	白岡菖蒲 IC～久喜白岡 JCT
2012	高尾山 IC～八王子 JCT
2013	海老名 IC～相模原愛川 IC, 茅ヶ崎 JCT～寒川北 IC, 東金 IC～木更津東 IC
2014	稲敷 IC～神崎 IC, 相模原愛川 IC～高尾山 IC (東名～中央道連絡)
2015	寒川北 IC～海老名 JCT (新湘南 BP～東名連絡), 久喜白岡 JCT～境古河 IC, 神崎 IC～大栄 JCT (常磐道～東関道連絡), 桶川北本 IC～白岡菖蒲 IC (関越～東北道連絡)
2016	——
2017	境古河 IC～つくば中央 IC (東北道～常磐道連絡)
今後	大栄 JCT～松尾横芝 IC (2025 or 2026 予定)
	藤沢 IC～釜利谷 JCT (未定)

(2) 分析対象地域

本研究の分析対象地域は、東京都（諸島部を除く）、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県、かつ、各圏央道のインターチェンジからの距離が 10km 以内の地点である。図に分析対象地域を示す。圏央道から離れた地点を分析対象から除いた理由として、都心に近い地点では都心からのよる様々な影響を受けやすく、正確な処置効果を算出するのに偏りを生じさせる可能性が高いと考えたからである。これについて圏央道の整備効果について分析を行なった Wetwitoo ら（2024）⁷⁾の研究においても、東京駅までの距離が 30km より近い地点を分析対象地域に入れることで有意性が低くなることを明らかにしている。また、圏央道の外側の部分については、遠く離れた地点は圏央道の影響を受けているとは到底考えにくく、処置効果を適切に算出できないと考えたため、対象から除外した。

3.2 使用データ

データ分類	データ項目	内容	出典
高速道路データ	高速道路時系列データ	GIS 形式の点ベースの IC 情報と線ベースの路線情報	国土交通省「国土数値情報」
地価データ	地価公示データ	各地価観測点の鑑定地価	国土交通省「国土数値情報」
交通量データ	上下線合計日交通量	各区間の 24 時間交通量の上下線合計	全国道路・街頭交通情勢調査
所要時間データ	総所要時間	各 IC から各放射道路の JCT までの所要時間	NITAS

表 3.2 使用するデータ一覧

(1) 高速道路データ

高速道路データは国土数値情報の高速道路時系列データを使用した。高速道路時系列データは GIS 形式の点ベースの IC 情報と線ベースの路線情報で構成されており、IC 情報には供用開始年などの情報が含まれている。

(2) 地価データ

東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県の地価データは国土数値情報の地価公示データ（2001 年～2023 年分）を GIS 形式で使用した。地価公示データは国土交通省の土地鑑定委員会が毎年 1 月 1 日に各観測点の 1 平方メートルあたりの鑑定地価である。交通政策の整備効果を地価の動きから調査する際には鑑定バイアスのない市場取引価格を用いるのが最善であるが、プライバシー保護の観点などからそのようなデータは一般に公開されていない。また、そうしたデータは分析に用いるにはサンプル数が少ないといった問題もある。そこで、本研究では鑑定価格の情報を提供する国土数値情報の地価公示データを採用している。^{8) 9)} この地価公示データにおける地価変動は実際の市場取引価格の変動に比べると穏やかである。そのため、本研究による分析結果は圏央道整備による整備効果の最小値を示していると考えられる。

地価観測点はしばしば変更されており、鉄道駅の開通などに伴って新たな地点が追加される場合もある。そのため、本研究では分析対象期間である 2001 年～2023 年の間で継続して地価が観測されている地点を対象として分析を行っている。また、高速道路時系列データ、地価公示データから各観測点の最寄り IC を GIS 上で算出し、地価データに最寄り IC 情報を含めている。

(3) 交通量データ

各放射道路の交通量のデータとして 2021 年実施分の道路交通センサスから上下線合計日交通量（台）を使用した。各放射道路の圏央道との JCT から放射道路の下り方面の一つ先の IC までの区間の上下線合計交通量を放射道路の交通量としている。表 3.3 に各放射道路の交通量とその計測区間を示す。

放射道路名	上下線合計日交通量（台）	計測区間名
東名高速道路	137337	海老名 JCT～厚木 IC
中央自動車道	50040	八王子 JCT～相模湖東 IC
関越自動車道	95913	鶴ヶ島 JCT～鶴ヶ島 IC
東北縦貫自動車	86328	久喜白岡 JCT～久喜 IC
常磐自動車道	52557	つくば JCT～桜土浦 IC
東関東自動車道水戸線	22367	大栄 JCT～大栄 IC
東関東自動車道館山線	28029	木更津 JCT～木更津南 IC

表 3.3 放射道路の交通量

(4) 所要時間データ

所要時間データは国土交通省が提供する NITAS を用いて圏央道の各 IC から各放射道路までの経路探索を行い、収集した。

NITAS

NITAS は国土交通省が提供している道路・鉄道・航空・船舶の各交通機関を組み合わせたモード横断的な観点で交通体系の分析が可能なシステムである。複数対複数の地点間による経路探索や、地図上に探索結果等々を図化することができ、不通過区間を設定することで現在の交通ネットワークだけでなく、過去や将来の交通ネットワークでも経路探索が可能である。¹⁰⁾

経路探索条件

経路探索を行う時の詳細な設定について表 3.4 に示す。一般には所要時間最小ではなく一般化費用を最小とする条件で経路探索を行うが、所要時間を最小とすることで本研究のマーケットアクセスは企業の立地ポテンシャルを表し、産業目線での分析が可能になっていると言える。

設定名	設定詳細
探索条件	所要時間最小
設定速度	道路交通センサス 2021 年実施分より道路種類ごとに一定な平均旅行速度（混雑を考慮）. ¹¹⁾ 過去の経路探索においても現況の速度と同じ速度を用いる.
交通モード	道路モード. 有料道路と一般道路のみを使用し鉄道などの他の交通は使用しない.
ネットワーク設定	2021 年～2023 年の道路ネットワークを不通過区間の設定により再現. ただし, 有料道路以外は現況のネットワーク.
起終点設定	起点は各圏央道 IC, 終点は各放射道路の JCT から下り方面の一つ先の IC

表 3.4 経路探索条件

3.3 データの作成

(1) 使用したデータ

本研究では高速道路時系列データと NITAS から得られた所要時間データを用いて IC ごとに接続本数データとマーケットアクセス指標を作成した.

(2) 接続本数データ

接続本数データとは, 各時点において圏央道の IC が圏央道を通じて接続している放射道路の本数のデータである. GIS 形式の高速道路時系列データを用いて 2001 年～2023 年の圏央道の各 IC が何本の放射道路と接続しているかを調査した. IC が供用開始前の場合は接続本数は 0 として扱った. 接続本数データは地価データに最寄り IC 情報を用いて紐付けた. 表 3.5 に接続本数データの例を示す.

IC 名	2001	2002	2003	2004	2005	～	供用開始年
あきる野	0	0	0	0	1	～	2005
入間	1	1	1	1	1	～	1996
つくば牛久	0	0	1	1	1	～	2003
厚木 PASIC	0	0	0	0	0	～	2020

表 3.5 接続本数データの例

(3) マーケットアクセス指標

本研究では織田澤・足立らを参考に、放射・環状道路ネットワークを考慮した n 年におけるインターチェンジ i のマーケットアクセス指標を次のように定義する.

$$MA_i^n = \sum_{i \neq j} t_j / c_{ij}^n$$

ここで、 t_j は放射道路 j の上下線合計日交通量であり、 c_{ij}^n は n 年におけるインターチェンジ i と放射道路 j の間の自動車による所要時間である．放射道路の行き先の人口や雇用者密度などの経済規模ではなく放射道路の交通量を用いたのは、本研究が放射・環状道路ネットワーク整備の効果の測定を目的としているためである．交通量を放射道路の価値と考えることで、放射道路の行き先の経済規模の影響を排除し放射・環状ネットワークの接続性を示す指標としている．こうして求めたマーケットアクセスを地価データの最寄り IC 情報を用いて地価観測点と紐づけた．

3.4 データの記述統計

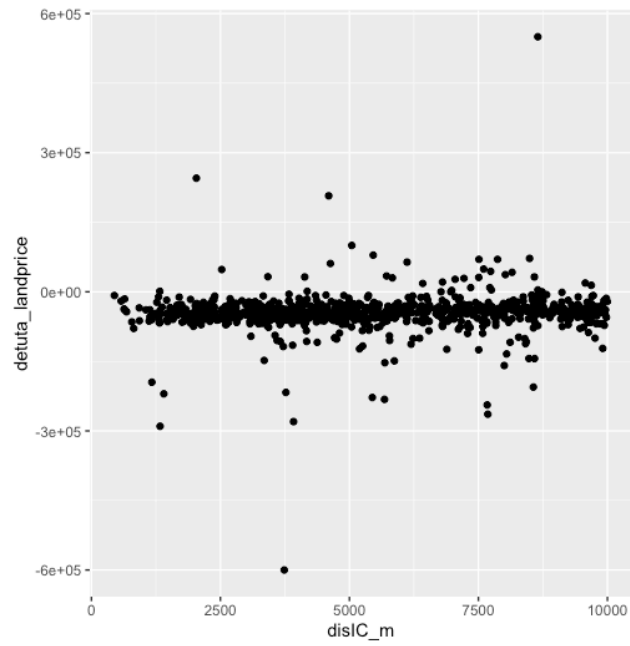


図 3.2 Δ 地価と IC 距離

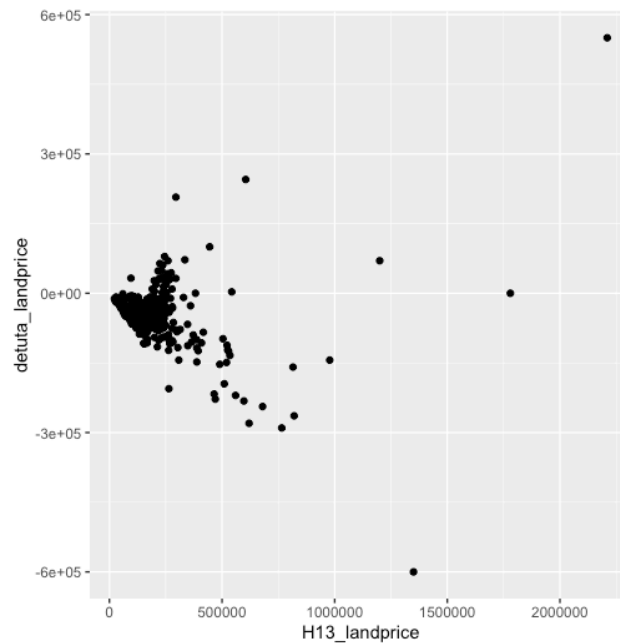


図 3.3 Δ 地価と H13 地価

3.5 指標と記述統計

本研究では，社会資本投資が地域経済に与える影響を分析するため，主に以下のデータを使用する．社会資本投資に関するデータは，国土交通省が提供する社会資本ストック統計および社会資本投資額の統計を利用し，地域ごとの社会資本整備の状況を把握する．地域経済の付加価値成長率や全要素生産性（TFP）の計算には，内閣府が提供する地域別経済統計を活用する．加えて，人口密度や産業構造，教育水準といった地域特性を表すデータは，総務省の「国勢調査」や「経済センサス」から取得する．

表 3.6 に使用するデータの詳細を示す．

データ項目	内容	出典
社会資本投資額	各地域の社会資本投資額（道路、鉄道、公共施設などの整備に関する投資）	国土交通省「社会資本ストック統計」
社会資本ストック	各地域の社会資本の蓄積量	国土交通省「社会資本ストック統計」
付加価値成長率	各地域の付加価値生産の成長率	内閣府「地域別経済統計」
全要素生産性（TFP）	各地域の生産性指標（TFP）	内閣府「地域別経済統計」
人口密度	各地域の人口密度（人/km ² ）	総務省「国勢調査」
産業構造	第1次～第3次産業の就業者比率	総務省「経済センサス」
教育水準	各地域の高等教育修了者比率	総務省「国勢調査」

表 3.6 使用するデータの一覧

4 分析

4.1 固定効果推定

固定効果モデルはパネルデータを用いた因果推論に広く用いられているモデルである。固定効果モデルは、同一個体の時間的な変動に着目することで個体を持つ個体間で異なる時間不変の未観測因子を個別固定効果として調整することを得意とする。個別固定効果項を調整することで欠落変数バイアスが生じることを防ぐことができる。固定効果モデルは式 4.1 で示される回帰モデルである。

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \cdots + \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (4.1)$$

それぞれの $i = 1, 2, \dots, N$ および $t = 1, 2, \dots, T$ について、 Y_{it} は被説明変数であり、 $(X_{1it}, X_{2it}, \dots, X_{kit})$ は説明変数を示す。また、 α_i は個体 i の時間不変の固定効果、すなわち個別固定効果を、 ε_{it} は誤差項を示す。個別固定効果モデルでは欠落変数バイアスを

もたらす効果は、時間を通じて一定であると仮定する。

式 4.1 は個体のみの固定効果を考慮したモデルであるが、個体に加えて時点の固定効果を考慮した固定効果モデルも存在する。時点固定効果とは個体間では等しいが時間と共に変化する未観測因子のことを指し、個体固定効果と時点固定効果を同時に調整する固定効果モデルは双方向固定効果モデルと呼ばれる。双方向固定効果モデルは式 4.2 で示される回帰モデルである。

$$Y_{it} = \alpha_i + \pi_t + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \cdots + \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (4.2)$$

それぞれの $i = 1, 2, \dots, N$ および $t = 1, 2, \dots, T$ について、 Y_{it} は被説明変数であり、 $(X_{1it}, X_{2it}, \dots, X_{kit})$ は説明変数を示す。また、 α_i は個体 i の個別固定効果を、 π_t は時間 t における時点固定効果を、 ε_{it} は誤差項を示す。

固定効果モデルの推定の代表的な方法として LSDV 推定がある。双方向固定効果モデルの推定において、LSDV 推定では個体を表すダミー変数を N 個と時点を表すダミー変数を T 個を推定の式に含め、それを最小二乗推定する。

$$Y_{it} = \beta_1 X_{1it} + \cdots + \beta_k X_{kit} + \gamma_1 I_{1i} + \cdots + \gamma_N I_{Ni} + \delta_1 D_{1t} + \cdots + \delta_T D_{Tt} + \varepsilon_{it} \quad (4.3)$$

式 4.3 において、 I_{1i}, \dots, I_{Ni} は個体 i ごとのダミー変数、 D_{1t}, \dots, D_{Tt} は時点 t ごとのダミー変数を表す。

$$D_{ji} = \begin{cases} 1 & \text{if } j = i \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4.4)$$

$$I_{lt} = \begin{cases} 1 & \text{if } l = t \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4.5)$$

実際の計算では多重共線性を回避するため、ダミー変数をのうちどれか一つを削除する必要があり、通常は統計ソフトがどれかを自動的に削除する。また、回帰分析では残差が独立に同一の分布に従うという仮定のもとで標準誤差を計算する必要があるが、パネルデータ分析の場合はこの仮定が成り立たない可能性が非常に高く、一般には個体（クラスター）内の相関を許容するクラスター・ロバスト標準誤差の使用が強く推奨される。

4.2 分析手法

本研究では双方向固定効果モデルを用いて、基本分析として接続本数分析とマーケットアクセス分析を行い、個別トレンド分析として距離個別トレンド分析と初期地価個別ト

レンド分析を行った。推定には LSDV 推定を用いクラスター・ロバスト標準誤差を使用した。

(1) 基本分析

接続本数分析

接続本数分析での推定には式 4.6 の双方向固定効果モデルを用いた。

$$\begin{aligned}\log Y_{it} = & \beta_C C_{it} + \gamma_1 I_{1i} + \cdots + \gamma_N I_{Ni} \\ & + \delta_{2001} D_{2001t} + \cdots + \delta_{2023} D_{2023t} + \varepsilon_{it}\end{aligned}\quad (4.6)$$

ここで、 Y_{it} は地価観測点 i の時点 t における地価、 C_{it} は地価観測点 i の時点 t における放射道路の接続数、 I_{1i}, \dots, I_{Ni} は各個体ダミー、 $D_{2001t}, \dots, D_{2023t}$ は 2001 年から 2023 年の各年次ダミー、 ε_{it} は誤差項である。TWFE 推定量 β_C は地価観測点において放射道路の接続数が 1 本増えた時に地価が何%変化するかを表す。

マーケットアクセス分析

マーケットアクセス分析の推定では式 4.7 の双方向固定効果モデルを用いた。

$$\begin{aligned}\log Y_{it} = & \beta_{MA} \log MA_{it} + \gamma_1 I_{1i} + \cdots + \gamma_N I_{Ni} \\ & + \delta_{2001} D_{2001t} + \cdots + \delta_{2023} D_{2023t} + \varepsilon_{it}\end{aligned}\quad (4.7)$$

ここで、 Y_{it} は地価観測点 i の時点 t における地価、 MA_{it} は地価観測点 i の時点 t におけるマーケットアクセス、 I_{1i}, \dots, I_{Ni} は各個体ダミー、 $D_{2001t}, \dots, D_{2023t}$ は 2001 年から 2023 年の各年次ダミー、 ε_{it} は誤差項である。TWFE 推定量 β_{MA} は地観測点においてマーケットアクセスが 1 %増加したときに地価が何%変化するかを表す。

(2) 個別トレンド分析

個別トレンド分析では、双方向固定効果モデルに個別トレンド項を追加したモデルを用いた。基本分析では時間を通じて一定であるが個体ごとに異なる未観測因子である個別固定効果や、個体間では等しいが時間と共に変化する未観測因子である時点固定効果を調整して圏央道の整備効果を推定していたが、そこに加えて個別トレンド分析では時間と共に一定のトレンドを持っているが、そのトレンドの度合いが個体ごとに異なる未観測因子である個別トレンドを調整して圏央道の整備効果を推定することを目的としている。

式 4.8 は式 4.2 の双方向固定効果モデルに個別トレンド項 λ_{it} を加えたモデルである。

$$Y_{it} = \alpha_i + \pi_t + \lambda_{it} + \beta_1 X_{it} + \cdots + \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (4.8)$$

ここで、 λ_i は個体ごとに異なる係数、 t はトレンド変数である。個別トレンドを含んだ双方向固定効果モデルを推定する際は、ダミー変数を加え LSDV 推定を用いて式 4.9 を最小二乗推定する。

$$Y_{it} = \beta_1 X_{1it} + \cdots + \beta_k X_{kit} + \lambda_1 I_{it}t + \cdots + \lambda_N I_{it}t \\ + \gamma_1 I_{1i} + \cdots + \gamma_N I_{Ni} + \delta_1 D_{1t} + \cdots + \delta_T D_{Tt} + \varepsilon_{it} \quad (4.9)$$

それぞれの $i = 1, 2, \dots, N$ および $t = 1, 2, \dots, T$ について、 Y_{it} は被説明変数であり、 $(X_{1it}, X_{2it}, \dots, X_{kit})$ は説明変数を示す。また、 I_{1i}, \dots, I_{Ni} は個体 i ごとのダミー変数、 D_{1t}, \dots, D_{Tt} は時点 t ごとのダミー変数、 ε_{it} は誤差項を示す。実際の計算では双方向固定効果モデルと同じく多重共線性を回避するためダミー変数の中からどれか一つを削除する必要がある、通常は統計ソフトがどれかを自動的に削除する。また、個別トレンド分析では被説明変数に地価、説明変数に各観測点のマーケットアクセス指標を用いる。

距離個別トレンド分析

距離個別トレンド分析では IC からの距離による個別トレンドをモデルに加えて圏央道の整備効果の推定を行う。基本分析では各観測点の最寄りの IC が接続している放射道路の本数や、マーケットアクセスを用いて整備効果の推定を行ったが、各観測点から IC までの距離は考慮されていない。図 3.2 からは、IC からの距離の違いによって地価の変化のトレンドはほぼ変化していないと読み取れるが、僅かな個別トレンドも調整することで、より正確な圏央道の整備効果を推定できると考える。LSDV 推定を行う際の IC までの距離による個別トレンドを調整した双方向固定効果モデルは式 4.10 で表される。

$$\log Y_{it} = \beta_{MA} \log MA_{it} + \gamma_1 I_{1i} + \cdots + \gamma_N I_{Ni} + \lambda_1 d_i I_{it}t + \cdots + \lambda_N d_i I_{it}t \\ + \delta_{2001} D_{2001t} + \cdots + \delta_{2023} D_{2023t} + \varepsilon_{it} \quad (4.10)$$

ここで、 Y_{it} は地価観測点 i の時点 t における地価、 MA_{it} は地価観測点 i の時点 t におけるマーケットアクセス、 d_i は地価観測点 i の最寄り IC までの距離、 I_{1i}, \dots, I_{Ni} は各個体ダミー、 $D_{2001t}, \dots, D_{2023t}$ は 2001 年から 2023 年の各年次ダミー、 ε_{it} は誤差項である。

初期地価個別トレンド分析

初期地価個別トレンド分析では 2001 年における各観測点の地価による個別トレンドをモデルに加えて圏央道の推定を行う。図 3.3 からは、2001 年時点の地価が高いと地価が大

きく減るというトレンドを読み取ることができる．よって 2001 年時点での地価の大きさによって地価の変化のトレンドが異なることを考慮して整備効果を推定する必要があると考えられる．LSDV 推定を行う際の 2001 年時程の地価による個別トレンドを調整した双方向固定効果モデルは式 4.11 で表される．

$$\begin{aligned} \log Y_{it} = & \beta_{MA} \log MA_{it} + \gamma_1 I_{1i} + \cdots + \gamma_N I_{Ni} + \lambda_1 L_i I_{it} + \cdots + \lambda_N L_i I_{it} \\ & + \delta_{2001} D_{2001t} + \cdots + \delta_{2023} D_{2023t} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (4.11)$$

ここで、 Y_{it} は地価観測点 i の時点 t における地価、 MA_{it} は地価観測点 i の時点 t におけるマーケットアクセス、 L_i は地価観測点 i の最寄り IC までの距離、 I_{1i}, \dots, I_{Ni} は各個体ダミー、 $D_{2001t}, \dots, D_{2023t}$ は 2001 年から 2023 年の各年次ダミー、 ε_{it} は誤差項である

5 分析結果と考察

5.1 基本分析

(1) 接続本数分析

「あなたのこと全く好きではないけど、付き合ってもいいわ。その代わりに、わたしをちゃんと守ってね。理想として、あなたが死んでもいいから」彼女に告白し、そして奇妙な条件付きの返事をもらった瞬間から、僕は彼女の為に生きはじめた。この状況が僕に回ってきたことが、神様からの贈り物であるようにも思える。この結果が、いつの日か、遠い遠い全く別の物語に生まれ変わりますように。人間人間の名作が、『六百六十円の事情』『ぼっちーズ』でコンビを組んだ宇木敦哉のイラストによって、待望の文庫化！

(2) 所要時間最小分析

「あなたのこと全く好きではないけど、付き合ってもいいわ。その代わりに、わたしをちゃんと守ってね。理想として、あなたが死んでもいいから」彼女に告白し、そして奇妙な条件付きの返事をもらった瞬間から、僕は彼女の為に生きはじめた。この状況が僕に回ってきたことが、神様からの贈り物であるようにも思える。この結果が、いつの日か、遠い遠い全く別の物語に生まれ変わりますように。人間人間の名作が、『六百六十円の事情』『ぼっちーズ』でコンビを組んだ宇木敦哉のイラストによって、待望の文庫化！

5.2 個別トレンド分析

「あなたのこと全く好きではないけど、付き合ってもいいわ。その代わりに、わたしをちゃんと守ってね。理想として、あなたが死んでもいいから」彼女に告白し、そして奇妙な条件付きの返事をもらった瞬間から、僕は彼女の為に生きはじめた。この状況が僕に回ってきたことが、神様からの贈り物であるようにも思える。この結果が、いつの日か、遠い遠い全く別の物語に生まれ変わりますように。人間人間の名作が、『六百六十円の事情』『ぼっちーズ』でコンビを組んだ宇木敦哉のイラストによって、待望の文庫化！

6 終わりに

6.1 本研究のまとめ

「あなたのこと全く好きではないけど、付き合ってもいいわ。その代わりに、わたしをちゃんと守ってね。理想として、あなたが死んでもいいから」彼女に告白し、そして奇妙な条件付きの返事をもらった瞬間から、僕は彼女の為に生きはじめた。この状況が僕に回ってきたことが、神様からの贈り物であるようにも思える。この結果が、いつの日か、遠い遠い全く別の物語に生まれ変わりますように。人間人間の名作が、『六百六十円の事情』『ぼっちーズ』でコンビを組んだ宇木敦哉のイラストによって、待望の文庫化！

6.2 今後の課題

「あなたのこと全く好きではないけど、付き合ってもいいわ。その代わりに、わたしをちゃんと守ってね。理想として、あなたが死んでもいいから」彼女に告白し、そして奇妙な条件付きの返事をもらった瞬間から、僕は彼女の為に生きはじめた。この状況が僕に回ってきたことが、神様からの贈り物であるようにも思える。この結果が、いつの日か、遠い遠い全く別の物語に生まれ変わりますように。人間人間の名作が、『六百六十円の事情』『ぼっちーズ』でコンビを組んだ宇木敦哉のイラストによって、待望の文庫化！

参考文献

- [1] Harris, C. The Market as a Factor in the Localization of Industry in the United States. *Annals of the Association of American Geographers*, Vol.64:pp.315–348, 1954.
- [2] Stephen Redding and Anthony J. Venables. Economic geography and international inequality. *Journal of International Economics*, 62(1):53–82, January 2004. ISSN 00221996. doi: 10.1016/j.jinteco.2003.07.001.
- [3] Keith Head and Thierry Mayer. Regional wage and employment responses to market potential in the EU. *Regional Science and Urban Economics*, 36(5):573–594, September 2006. ISSN 01660462. doi: 10.1016/j.regsciurbeco.2006.06.002.
- [4] Combes, P. P., Duranton, G., Gobillon, L. and Roux, S. Estimating agglomeration economies with history, geology, and worker effects. 2010. doi: 10.7208/chicago/9780226297927.001.0001.
- [5] 利守 織田澤, 理子 足立, 啓輔 佐藤, and 淳司 小池. 都市間高速道路網整備が地方部の都市雇用圏の地価に及ぼす因果効果の推定. *土木学会論文集 D3 (土木計画学)*, 77(5):I.95–I.105, 2022. doi: 10.2208/jscejipm.77.5_I.95.
- [6] 国土交通省 関東地方整備局. 圏央道（首都圏中央連絡自動車道）. <https://www.ktr.mlit.go.jp/road/shihon/index00000036.html>, 2024.
- [7] Jetpan Wetwitoo, Yoshikazu Kanai, Toshimori Otazawa, Hironori Kato. Impact of Introducing Ring-Road Expressway on Land Value in Suburban Area: Empirical Evidence from Tokyo. In *Transportation Research Board 103rd Annual Meeting, Washington D. C. (U. S.)*, January 2024.
- [8] Chihiro Shimizu and Kiyohiko Nishimura. Biases in appraisal land price information: The case of Japan. *Journal of Property Investment & Finance*, 24(2): 150–175, March 2006. ISSN 1463-578X. doi: 10.1108/14635780610655102.
- [9] Takara Kunimi and Hajime Seya. Identification of the geographical extent of an area benefiting from a transportation project: A generalized synthetic control. *Journal of Transport and Land Use*, 14(1):25–45, January 2021. ISSN 1938-7849. doi: 10.5198/jtlu.2021.1784.
- [10] 国土交通省. 総合的な交通体系を目指して：総合交通分析システム（NITAS）. https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogoseisaku_soukou_tk_000055.html.

- [11] 国土交通省. 令和 3 年度 全国道路・街路交通情勢調査 箇所別基本表及び時間帯別交通量表に関する説明資料. <https://www.mlit.go.jp/road/census/r3/>, 2021.

付録

謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの方々からご支援とご指導をいただきました。この場を借りて、深く感謝の意を表します。

まず、神戸大学工学研究科市民工学専攻の灘研究室で学ぶ機会をいただき、社会資本投資に関する研究を進める上で多大なご指導を賜りました、指導教員の灘教授に心より感謝申し上げます。灘先生には、研究テーマの設定から分析手法の選定、さらには結果の解釈に至るまで、常に丁寧で的確なアドバイスをいただきました。特に、困難に直面した際には、適切な示唆をいただくことで研究を前進させることができました。また、研究に向き合う姿勢や学問への情熱についても、先生から多くを学ばせていただきました。

また、研究を進める過程で、研究室の先輩方や後輩たちからも多くの助言と励ましをいただきました。特に、後輩の皆さんには日々の議論や意見交換を通じて多くの刺激を受けました。研究室での時間は、学術的な成長だけでなく、人としての成長をも促してくれるものでした。これらの経験は私にとって非常に貴重であり、今後の糧として大切にしていきたいと思います。

また、研究活動の中で印象深い出来事の一つとして、研究室のメンバーと沖縄を訪れた思い出があります。このフィールドワークでは、社会資本の役割について実地で学ぶだけでなく、メンバー間の絆を深める貴重な時間を過ごしました。研究以外の場面でもともに過ごしたこれらの時間が、私の大学院生活をより充実したものにしてくれました。

さらに、家族や友人の支えにも感謝を申し上げます。研究の途中で悩みや迷いを抱えることもありましたが、日々の生活を支え、心の拠り所となってくれた家族と友人の存在があったからこそ、ここまで研究を続けることができました。

最後に、本研究に関わるすべての方々に改めて深く感謝申し上げます。この経験を糧に、今後も社会資本投資に関する研究や実践に貢献していきたいと考えています。