

東京大学公共政策大学院
「公共政策の経済評価」2015年度

都電荒川線向原踏切・東池袋四丁目踏切における
立体交差事業の費用便益分析

2016年1月8日

経済政策コース1年 王思涵
経済政策コース1年 藤丸美々
経済政策コース1年 松浦拓美
経済政策コース1年 柳瀬浩佑

目次

要旨.....	3
1. はじめに.....	5
2. 立体交差事業について.....	6
2.1 連続立体交差事業とは.....	6
2.2 単独立体交差事業とは.....	6
2.3 向原駅・東池袋四丁目駅について.....	6
3. 分析の概要と前提.....	7
3.1 分析の枠組み.....	7
3.2 分析の対象.....	8
3.3 政策オプション.....	8
3.4 当事者適格.....	9
3.5 評価の対象期間及び割引率.....	9
4. 便益・費用の項目.....	10
4.1 便益項目.....	10
4.2 費用項目.....	11
4.2.1 連続立体交差事業の費用.....	11
4.2.2 単独立体交差事業の費用.....	11
5. 交通需要量予測.....	12
5.1 将来交通需要量の予測方法.....	12
5.1.1 三段階推定法について.....	12
5.1.2 道路網の範囲.....	13
5.2 現在交通量データの収集.....	14
5.3 予測モデルの推計と結果.....	15
5.3.1 発生・集中交通量のモデル推定と分析結果.....	15
5.3.2 分布交通量のモデル推定と分析結果.....	17
5.3.3 配分交通量の推定と分析結果.....	18
5.4 将来交通需要量の予測.....	20
6. 便益項目の算出.....	25
6.1 自動車便益.....	25
6.1.1 移動時間短縮便益.....	25
6.1.2 歩行費用減少便益.....	25
6.1.3 交通流円滑化による交通事故減少便益.....	26
6.1.4 踏切事故減少便益.....	26
6.2 歩行者便益.....	27

6.2.1	歩行者踏切待ち解消便益.....	27
6.2.2	踏切事故減少便益.....	28
6.3	総便益の算定.....	28
6.3.1	便益の現在価値の算定	28
6.3.2	便益額の合計	28
7.	費用項目の算出.....	30
7.1	費用推定の前提.....	30
7.2	連続立体交差事業	30
7.2.1	鉄道交差化に要する費用.....	31
7.2.2	関連道路整備に要する費用	31
7.2.3	維持管理費.....	32
7.3	単独立体交差事業	32
7.3.1	道路整備に要する費用	32
7.3.2	維持管理費.....	33
7.4	事業者の負担率.....	33
7.5	総費用の算定.....	33
7.5.1	便益の現在価値の算定	33
7.5.2	費用額の合計	34
8.	純便益の推計と感度分析	35
8.1	純便益の推計.....	35
8.2	感度分析.....	36
8.2.1	感度分析の設定	36
8.2.2	感度分析の結果	36
9.	考察と今後の課題	37
	謝辞.....	38
	参考文献	39
	付録.....	40
A	自動者・歩行者通行量の観測データ（括弧内は待機数）	40
B.	将来交通需要量の予測モデルの推計	42
B.1	発生・集中交通量のモデル	42
B.2	分布交通量のモデル	44
C	リンクパフォーマンス関数の計算方法.....	45

要旨

研究の背景・目的

我が国には他の先進国に比べ多くの踏切が存在し、その中には「開かずの踏切」など、交通遮断により渋滞や市街地の分断等の問題を引き起こすものも存在する。そのため国土交通省は、問題がある踏切を国土交通省（2007）『緊急対策踏切の実施状況リストについて』にまとめ、様々な対策を講じてきた。そこで我々は未対策踏切の一つである東京都豊島区の向原踏切を取り上げ、対策の一つである立体交差事業を導入すべきかを検討した。

分析手法

本研究では下記の政策シナリオを設定し、費用便益分析による定量評価を行った。

With ケース 1：連続立体交差事業を向原踏切に導入

With ケース 2：単独立体交差事業を向原、東池袋踏切に導入

Without ケース：何も導入しない（現状維持）

ここで、連続立体交差化とは、向原踏切とそれに隣接する東池袋踏切の双方をまたぐ鉄道を高架化するケースを、単独立体交差化とは、向原踏切と交差している道路を単独で地下化するケースを、それぞれ想定した。

具体的な便益項目としては移動費用減少便益（歩行者と自動車）、走行費用減少便益、交通流円滑化による交通事故減少便益、踏切事故減少便益を、費用項目としては連続立体交差事業の場合鉄道立体交差事業化に要する費用（工事費）、関連道路整備に要する費用（工事費と用地補償費）、維持管理費、単独立体交差事業の場合道路整備費（工事費と用地補償費）、維持管理費を考慮した。便益推定にあたり必要となる将来交通需要量のデータについては、三段階推定法によって推定した。

また、評価期間は2015～2064年の50年間、社会的割引率は4%と設定した上で、便益、費用の割引現在価値を算出した。

分析結果

費用便益分析の結果、連続立体交差事業では－18億円の純便益、単独立体交差事業では－41億円の純便益が発生することとなり、どちらの事業も行うべきではないという結論に至った（表0-1参照）。また感度分析において費用が最小となる最善ケースでも純便益は負となり、この結論の頑健性が確認された。

表 0-1 費用便益分析の推定結果

with1		(単位:億円)
連続立体 交差事業	便益計	29.3
	費用計	48.0
	純便益	-18.8
	便益費用比	0.6
with2		
単独立体 交差事業	便益計	15.1
	費用計	56.2
	純便益	-41.0
	便益費用比	0.3

結論と今後の課題

本稿では連続立体交差事業・単独立体交差事業ともに最善ケースにおいても純便益が負となり、立体交差事業は実施するべきではないことが明らかになった。

本分析で扱った地域のように地価が高い地域においては、便益が大きく予想される場合においても費用が便益を上回るため、立体交差事業の導入は効率的ではないと考えられる。

最後に踏切を除去する際に抜本的な対策を講じる場合、連続立体交差事業、単独立体交差事業どちらの事業を導入するべきかを決定するにおいて、以下3点の政策提言を行う。

- (1) 地価の大きい地域では、単独立体交差のメリットである『費用が小さい』という点を活かさないので、連続立体交差を行うべきである
- (2) 交通量が多く、時間短縮費用が大きいと推察される地域では、複数の踏切を除去することによるシナジーが期待されるため、連続立体交差を行うべきである
- (3) 歩行者踏切待ち解消便益や踏切事故解消便益が大きい場合、すなわち歩行者交通量が著しく大きい、あるいは踏切事故が頻発するような場合では単独立体交差事業の方が純便益が大きくなると予想されるため、単独立体交差事業を行うべきである

今後の課題としては、推定された交通需要量の予測モデルの決定係数の向上や、本分析で推定した費用項目以外にも考慮すべきであった項目を扱うことが挙げられる。

1. はじめに

現在の日本には、以前に比べ大幅に減少したものの、依然多くの踏切が存在し、その数は全国で約 3 万 5 千に及ぶ。これは他の先進国に比べ非常に多い状況であり、例えば東京 23 区の踏切密度（1km あたりの踏切数）は、パリの約 60 倍、ロンドンの約 80 倍にもものぼっている。そのような数多くの踏切の中には、交通遮断による渋滞や交通流動の悪化、市街地の分断、死亡事故を含む深刻な踏切事故などを引き起こすものも存在し、そのため国土交通省は問題のある踏切を『緊急対策踏切の実施状況リストについて』にまとめ、様々な対策を講じてきた。具体的には鉄道の連続立体化や道路の単独立体化などによる既存の踏切道の除却、歩道拡幅やカラー舗装などによる既存の踏切道の構造改良、保安設備整備などが挙げられる。しかしリストの踏切の中でも一向に対策が進まない、もしくは対策すら存在しない踏切も、また多数存在する。

本稿では、そうした未対策踏切の一つである東京都豊島区の向原踏切を取り上げ、そこに連続立体交差事業、あるいは単独立体交差事業を実施することが社会的に望ましいかどうかを、費用便益分析の観点から定量的に考察した。

都電荒川線を跨ぐ向原踏切は交通量の多い国道 254 号と交差しており、国土交通省により『歩行者ボトルネック、自動車ボトルネック、歩道が狭隘な踏切』に指定されている。なお、連続立体交差事業を行うケースでは、向原踏切に隣接し、都道 435 号と交差する東池袋踏切を取り上げた。

図 1-1 向原踏切と国道 254 号



(出典：Google map)

2. 立体交差事業について

2.1 連続立体交差事業とは

連続立体交差事業とは、市街地において連続して道路と交差している鉄道の一定区間を高架化、あるいは地下化し、その区間内にある複数の踏切の除却を行う事業である。事業の目的は、市街地の交通の円滑化を促進し、鉄道によって分断されていた地域の一体化を図り、都市を活性化することである。平均的に費用は約 500 億円で、事業期間は約 16 年である。

2.2 単独立体交差事業とは

複数の踏切を除去する連続立体交差事業に対し、1 カ所の踏切を立体交差化する事業を単独立体交差事業という。連続立体交差事業では鉄道を高架化させるが、単独立体交差事業では道路を高架化、あるいは地下化する。事業にかかる費用は約 40 億円、事業期間は約 9 年と、連続立体交差事業よりも事業の負担が小さく、1 カ所の踏切に対して措置を取る場合に有効であるとされる。しかし鉄道によって生じている地域の分断を解決することはできず、連続立体交差事業と比較して事業に要する土地が広く、周辺地域への影響が大きい。

2.3 向原駅・東池袋四丁目駅について

向原踏切は国道 254 号線（春日通り）上に位置する向原駅に隣接する踏切であり、国土交通省（2007）で『歩行者ボトルネック、自動車ボトルネック、歩道が狭隘な踏切』に指定されている。現状ではカラー舗装、路面標示といった即効対策が導入済みである。しかし現在の交通状況を調査した結果（付録 A 参照）では、踏切によって多くの歩行者や自動車が待機する必要があり、また歩行者が鉄道を渡る際に通行する歩道が狭隘であるといった問題点が残されている。

一方東池袋四丁目踏切は都道 435 号線上に設置されており、都電荒川線において向原駅から 1 駅離れた東池袋 4 丁目駅の傍に位置する。向原踏切と比較すると問題の程度は小さいが、同様に交通量が多い踏切である。

本稿の分析では以上 2 カ所の踏切の問題を解決するため、踏切を除去するための対策として連続立体交差事業と単独立体交差事業を検討する。

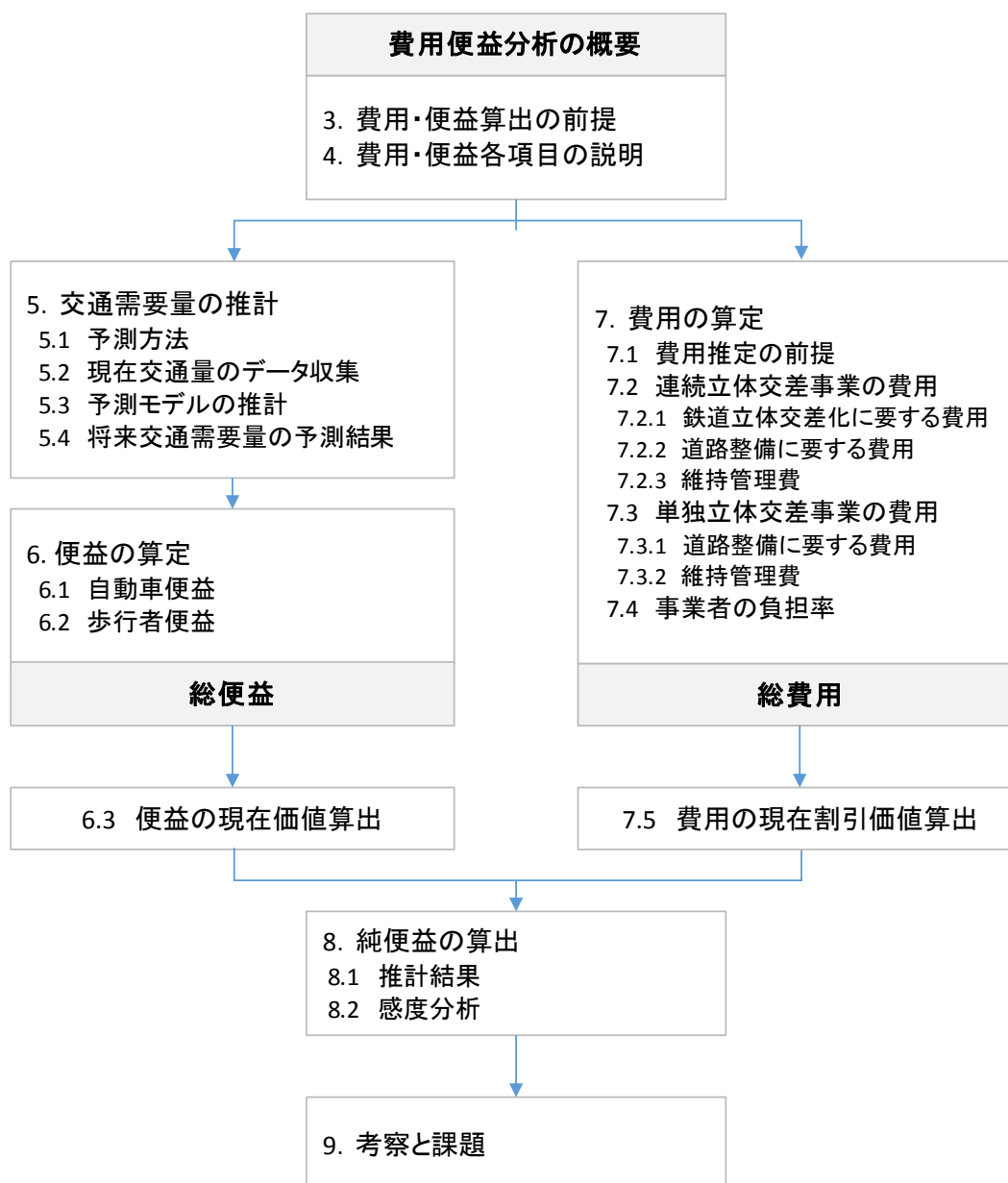
3. 分析の概要と前提

本章では費用便益分析の大まかな方針について述べる。まず全体の分析の枠組みを概説し、次に問題に対して導入を検討した政策について説明する。最後に基準年度等の分析の前提条件について言及する。

3.1 分析の枠組み

本分析の全体の流れは図 3.1 の通りである。

図 3.1 分析の枠組み



まず本章で費用便益分析の前提を述べたうえで、4章では本分析で考慮した費用・便益の各項目について説明する。5章で各踏切を通行する将来交通需要量の予測し、その値をもとに6章で便益の各項目を算定する。次に7章で費用の各項目を算定する。8章では前章までで算定した総便益、総費用から純便益を求め、その後推定結果の感度分析を実施する。最後に9章で推定結果から得られた考察と本分析の課題をまとめる。

3.2 分析の対象

東京都電荒川線向原踏切・東池袋四丁目踏切

3.3 政策オプション

本分析ではケースを3つ設定する。第一に連続立体交差事業を向原踏切と東池袋四丁目踏切に行う With ケース 1、第二に単独立体交差事業を向原踏切に行う With ケース 2、第三に政策を実施しない Without ケースである。

With ケース 1：連続立体交差を導入する

連続立体交差を向原踏切と東池袋四丁目踏切の双方に実施するケースである。連続立体交差では一般的に行われる鉄道の高架化を想定する。なお連続立体交差は一定区間の鉄道の高架化であるため、向原踏切と東池袋踏切以外の踏切も除去される。しかしこの二つの踏切以外の踏切は、歩行者も自動車も非常に交通量が少ないため、今回の分析では便益が小さいものと考えて捨象することにした。

連続立体交差の工事年数は平均値の16年とし、17年目から便益が発生するものとした。工事期間中自動車は通行可能であるため、工事による混雑への影響は考慮しないものとした。

With ケース 2：単独立体交差を導入する

単独立体交差を向原踏切に対してのみ実施するケースである。立体交差には道路の地下化と高架化が考えられるが、本ケースでは地下化を取り扱う。向原踏切の横切る国道254号は交通量の多い道路であるため、一時的に道路を封鎖せねばならない高架化は現実的な施策ではないからである。

また単独立体交差の工事年数は平均値の9年とし、踏切除去による便益は10年目以降に発生するものとした。工事期間中については連続立体交差と同様、工事による混雑への影響は考慮していない。

図 3-1 分析の枠組み

Without ケース：何の対策も導入しない

何の対策も導入しないケースである。

3.4 当事者適格

本分析の当事者適格は、東京都とした。

3.5 評価の対象期間及び割引率

分析における基準年度は2015年とする。社会的割引率や評価期間については、国土交通省(2008)から以下のように設定した(表3-1)。

表 3-1 分析の前提条件

基準年度	2015年
社会的割引率	4%
評価期間	2015年～2064年

4. 便益・費用の項目

本分析では以下の項目（表 4-1）を便益・費用として計測する。次節から便益・費用の各項目について説明する。

表 4-1 各ケースの費用便益項目

with1

連続立体 交差事業	便益 項目	自動車便益	移動時間短縮便益
			走行費用減少便益
			交通流円滑化による交通事故減少便益
			踏切事故減少便益
	歩行者便益	歩行者踏切待ち解消便益	
		踏切事故減少便益	
	費用 項目	鉄道立体交差化に要する費用	工事費
		関連道路整備に要する費用	工事費
維持管理費		用地補償費（買収費と借地費） 点検・修繕費、巡回・清掃費等	

with2

単独立体 交差事業	便益 項目	自動車便益	移動時間短縮便益
			走行費用減少便益
			交通流円滑化による交通事故減少便益
			踏切事故減少便益
	歩行者便益	歩行者踏切待ち解消便益	
		踏切事故減少便益	
	費用 項目	道路整備に要する費用	工事費
		維持管理費	用地補償費（買収費） 点検・修繕費、巡回・清掃費等

4.1 便益項目

連続立体交差、単独立体交差共に発生する便益の種類は同じであり、まとめて説明する。

① 移動時間短縮便益

自動車の踏切における待ち時間が減少することによって発生する便益である。後述の通り踏切の遮断時間は 30 秒であるが、踏切により混雑が発生しているため、踏切待ちをする自動車の損失時間は 30 秒より長い。もちろん踏切に遮られず通過する自動車も存在しているため、平均した場合の損失時間は計算しなければ不明である。この項目を計算するための損失時間と交通量を求めるために、本論文では後に述べる三段階分析を行う。

② 走行費用減少便益

自動車の走行費用（燃料費）が減少する便益である。燃料費は速度に依存しており、55km/h までは速度上昇に応じて燃料費は減少する。踏切が除去されることで自動車速度の上昇が予想され、走行費用の減少が見込まれる。本項目の計算に必要な速度と交通量は、

移動費用減少便益と同様に三段階分析により求める。

③ 交通流円滑化による交通事故減少便益

踏切を除去した場合、自動車の流れが円滑になる。すると交通事故が起きづらくなり、その分の便益が発生する。本論文ではこの交通流円滑化による交通事故の減少を便益に計上した。交通事故の起きやすさは主要交差点の数、道路の距離、交通量に依存している。主要交差点の数と道路の距離については Google map を用いて求め、交通量については三段階推定法で求めた。

④ 踏切事故減少便益

③とは異なり、踏切事故に関する項目である。③は交通流が円滑化することによって、踏切以外の道路で事故の減少する便益である。一方でこちらは踏切が除去されることによって、踏切で事故の減少する便益である。国土交通省（2008）の事故費用の原単位と、東京都の踏切事故の発生数に関するデータより計算した

⑤ 歩行者踏切待ち解消便益

歩行者の移動時間が削減されることによる便益である。当該道路では自動車交通量に加え、歩行者交通量も多いため、歩行者の時間費用削減便益も計上した。

4.2 費用項目

連続立体交差、単独立体交差では発生する費用は異なっており、以下で順に説明する。

4.2.1 連続立体交差事業の費用

① 鉄道立体交差化に要する費用

鉄道を高架化するのにかかる工事費用である。

② 関連道路整備に要する費用

鉄道の立体化に関連して必要となる道路整備工事に要する費用である。鉄道立体化にあわせ、関連側道を設置するのに必要な土地だけではなく、仮設線路を敷くための土地を借地する必要がある。この費用には工事費と用地費が含まれる。

③ 維持管理費

高架化した鉄道や関連道路の点検・補修にかかる費用や巡回、清掃にかかる費用である。

4.2.2 単独立体交差事業の費用

① 関連道路整備に要する費用

道路を地下化する際にかかる道路整備費である。道路が地下化されるにあたって、周辺の関連側道を設置するためにかかる費用も含まれる。工事費と用地費で構成される。

② 維持管理費

道路の点検・補修にかかる費用や巡回、清掃にかかる費用である。

5. 交通需要量予測

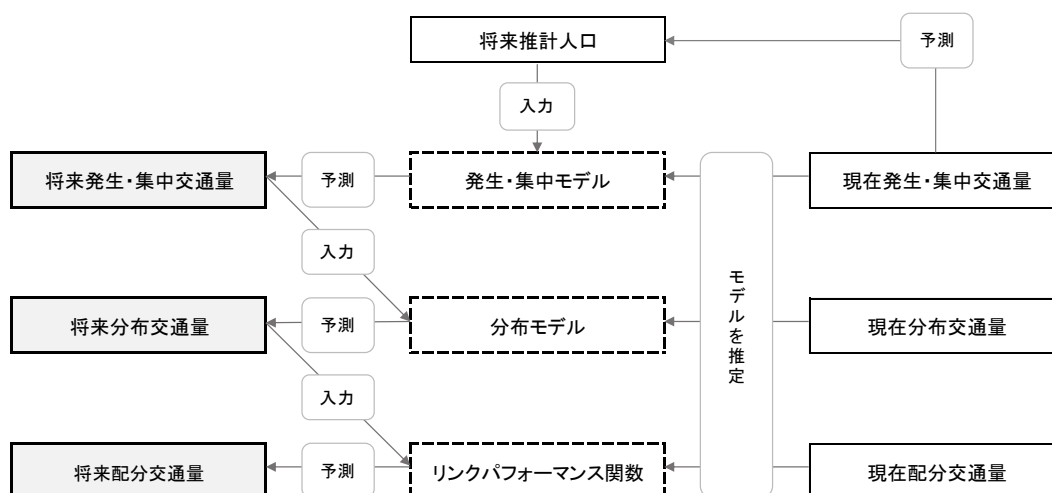
本章では、将来交通需要量の推計を行う。まず推計方法の三段階推定法について説明する。次に交通量を予測するために必要となる現在交通量のデータについて説明し、5.3では将来交通量の予測モデルの推定を行う。最後に5.4で推定されたモデルを用いた将来交通需要量の推定結果を示す。

5.1 将来交通需要量の予測方法

5.1.1 三段階推定法について

将来交通需要量を推定するために、国土交通量（2010）と北海道庁（2008）を参考にして、三段階推定法を用いた。三段階推定法とは、第一段階の発生・集中交通量の予測、第二段階の分布交通量の予測、そして第三段階の配分交通量の予測と三段階に分けて将来交通量を推計する方法である。手法の枠組みは図5-1に示される通りである。

図5-1 三段階推定法の枠組み



三段階推定法の第一段階では発生・集中交通量を推計する。発生交通量とは、あるゾーンを出発地とする人のトリップ（移動）数の合計、そして集中交通量とはあるゾーンを到着地とする人のトリップ（移動）数の合計を指す。第二段階の分布交通量の推計では、第一段階で求めた発生・集中交通量を用いて、各ゾーン間を往来するトリップ数を予測する。ここではトリップがある一つのゾーン内で行われる内々交通量と、出発地と到着地のゾーンが異なる内外交通量に分けて推計する。最後段階である配分交通量の推計では、第二段階で求めた分布交通量を用いて、対象となる経路別の交通量を予測する。

各段階の将来交通量を計測するために、交通量を説明する予測モデルを推定する。その予測モデルを用いて、説明変数の将来推定値を代入し、将来交通需要量を求めることがで

きる。説明変数の将来推計値は人口成長率を乗じて求めた。

5.1.2 道路網の範囲

本節で政策の導入により配分交通量に影響があると考えられる地域を設定する。今回分析で扱う向原踏切を通る国道 254 号（春日通り）と、東池袋四丁目踏切を通る都道 435 号を通るトリップに焦点を当てる（図 5-2）。表 5-2 において、A 地点から B 地点までのトリップにおいて利用される主な道路を国道 254 号と都道 435 号と考え、この二つの踏切の有無によって影響を受けると予想される地域（踏切が位置する豊島区以外に板橋区、練馬区、文京区、新宿区、千代田区、中央区を含む）に分析の対象を限定する。本分析で扱った地域は図 5-2 において黄色で示された範囲である。

図 5-2 分析対象の道路



(出典：Google map より筆者作成)

図 5-3 分析対象の地域



(出典：東京都市圏交通計画協議会『第5回東京都市圏パーソントリップ調査』より筆者作成)

5.2 現在交通量データの収集

将来交通需要量を予測するモデルを推定するために必要な現状の交通量データを収集する。発生・集中交通量そして分布交通量は平成20年に東京都市圏交通計画協議会(2008)が実施した「第5回東京都市圏パーソントリップ調査」からデータを入手した。現状の配分交通量については、筆者が現地で各踏切を通過する自動車数と歩行者数の計測を行い、データを収集した。データはピーク時とオフピーク時に分けてデータを整備しており、本分析では、ピーク時の時間を7~9時、16時~19時の計5時間、オフピーク時の時間を8~16時、19時~21時の計10時間として設定している。収集されたデータは巻末にある付録A図A-1~A-8を参照してほしい。なお、向原と東池袋四丁目各踏切の遮断率、遮断時間は表5-1に示した。

表 5-1 各踏切の遮断状態

時間帯	向原踏切		東池袋四丁目踏切	
	ピーク	オフピーク	ピーク	オフピーク
踏切遮断率	3分に1回	4.5分に1回	3分に1回	4.5分に1回
遮断時間(秒)	30秒		30秒	

5.3 予測モデルの推計と結果

ここでは、将来交通需要量を予測する際に用いる予測モデルを推定する。5.3.1では発生・集中交通量を説明するモデル、5.3.2では将来分布交通量を予測するモデル、5.3.3では配分交通量を予測するための配分率を推定する。

5.3.1 発生・集中交通量のモデル推定と分析結果

発生・集中交通量を求めるために、発生・集中交通量を被説明変数、各ゾーン内の年齢階層別人口や就業別人口、産業別従業者数を説明変数にした回帰モデルを置き、第5回東京都市圏パーソントリップ調査のデータを用いてモデルを推定した。説明変数のデータ元である総務省統計局（2006）「事業者・企業統計のデータ」は町別に整備されており、使用する際は町名と各ゾーンとを対照させてデータを集計した。予測にあたって、「第5回東京都市圏パーソントリップ調査」の集計方法にならい、8つの目的（「自宅-勤務」「自宅-通学」「自宅-業務」「自宅-私事」「帰宅」「勤務・業務」「私事」「不明」）に分けて分析を行った。なおモデルは最小二乗法で推定した。

推定した回帰モデルは以下の通りである。

$$\begin{aligned} hassei_i &= \beta_0 + \sum_k^K \beta_k x_{i,k} + u_i \\ shutyu_i &= \beta_0 + \sum_k^K \beta_k x_{i,k} + u_i \end{aligned}$$

$hassei_i$: ゾーン i の各目的別の発生交通量

$shutyu_i$: ゾーン i の各目的別の集中交通量

$x_{i,k}$: k 番目の説明変数（データの表参照）

K : 説明変数の数

u_i : 誤差項

β_0, β_k : パラメータ

説明変数の選択にあたっては、ステップワイズ法によって決定係数が高くなるように選択した。各目的別の回帰モデルで用いた変数は、表 5-2 に示した。また被説明変数の基本統計量は付録 B 表 B-1、説明変数の基本統計量は付録 B 表 B-2 の通りである。

表 5-2 発生・集中交通量のモデル推定に用いた変数の説明

変数名		変数の説明		出典	
被説明変数	発生モデル	自宅－勤務	発生交通量（台）	自宅から通勤する場合	東京都市圏交通計画協議会 『パーソントリップ調査』
		自宅－通学		自宅から通学する場合	
		自宅－業務		自宅から業務先に行く場合	
		自宅－私事		自宅から私事活動をする場合	
		帰宅		帰宅する場合	
		勤務・業務		自宅から通勤する場合	
		私事		自宅から通勤する場合	
		不明			
	集中モデル	自宅－勤務	集中交通量（台）	自宅から通勤する場合	
		自宅－通学		自宅から通学する場合	
		自宅－業務		自宅から業務先に行く場合	
		自宅－私事		自宅から私事活動をする場合	
		帰宅		帰宅する場合	
		勤務・業務		自宅から通勤する場合	
		私事		自宅から通勤する場合	
		不明			
変数名		変数の説明		出典	
説明変数	sum_pop	全人口（人）		東京都市圏交通計画協議会 『パーソントリップ調査』	
	pop5_24	5-24歳人口（人）			
	pop25_64	25-64歳人口（人）			
	workers	就業者数（人）			
	students	学生数（人）			
	kensetsu	建設業従業者数（人）		東京都 『事業所・企業統計調査』	
	service	サービス業従業者数（人）			
	insyoku	飲食店、宿泊業従業者数（人）			
	unyu	運輸業従業者数（人）			
	seizou	製造業従業者数（人）			
	joho	情報通信業従業者数（人）			
	third_sector	第三次産業従業者数（人）			
	_cons	定数項			

推定されたモデルは以下の通りである。各モデル推定結果の詳細は付録 B 表 B-3、B-4 に示した。

① 発生交通量の予測モデル

$$\begin{aligned} \text{自宅－勤務} &= -79.036 + 0.036 \text{ pop25_64} \\ \text{自宅－通学} &= -33.084 + 0.020 \text{ pop5_24} \\ \text{自宅－業務} &= -132.791 + 0.023 \text{ pop25_64} \\ \text{自宅－私事} &= -165.084 + 0.229 \text{ pop5_24} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{帰宅} &= 1.626 + 0.300 \text{ insyoku} + 0.295 \text{ students} + 0.589 \text{ unyu} \\ \text{勤務・業務} &= 1863.213 + 0.720 \text{ unyu} + 0.598 \text{ kensetsu} + 0.236 \text{ seizou} \\ \text{私事} &= 2144.242 + 0.050 \text{ service} \\ \text{不明} &= -107.403 + 0.036 \text{ pop5_24} + 0.016 \text{ service} \end{aligned}$$

② 集中交通量

$$\begin{aligned} \text{自宅-勤務} &= 1134.502 + 0.063 \text{ workers} \\ \text{自宅-通学} &= -215.102 + 0.079 \text{ students} \\ \text{自宅-業務} &= 638.268 + 0.099 \text{ unyu} \\ \text{自宅-私事} &= -516.895 + 0.500 \text{ pop5_24} \\ \text{帰宅} &= -2736.524 + 0.175 \text{ pop25_64} \\ \text{勤務・業務} &= 1665.883 + 0.150 \text{ service} + 0.181 \text{ joho} \\ \text{私事} &= -204.383 + 0.270 \text{ pop5_24} + 0.018 \text{ third_sector} \\ \text{不明} &= -155.986 + 0.037 \text{ pop5_24} + 0.004 \text{ third_sector} \end{aligned}$$

5.3.2 分布交通量のモデル推定と分析結果

分布交通量を内外交通量と内々交通量に分けて予測を行う。本分析では内外分布交通量を予測するためにグラビティモデルを、内々分布交通量を予測するために指数モデルを採用した。

推定したモデルは以下の通りである。また内外交通量、内々交通量ともに最小二乗法で推定した。

①内外交通量

・グラビティモデル

$$\begin{aligned} \text{bunpu}_{ij} &= k \text{ hassei}_i^\alpha \text{ shutyu}_j^\beta f(\text{kyori}_{ij}) \\ f(\text{kyori}_{ij}) &= \text{kyori}_{ij}^\gamma \end{aligned}$$

対数変換すると

$$\ln(\text{bunpu}_{ij}) = \ln(k) + \alpha \ln(\text{hassei}_i) + \beta \ln(\text{shutyu}_j) + \gamma \ln(\text{kyori}_{ij})$$

bunpu_{ij} : ゾーン ij 間の分布交通量

hassei_i : ゾーン i の発生交通量

shutyu_j : ゾーン j の集中交通量

kyori_{ij} : ゾーン ij 間の距離

$f(\text{kyori}_{ij})$: ゾーン ij 間の空間的隔たりを表す関数

k, α, β, γ : パラメータ

② 内々交通量

- ・指数モデル

$$bunpu_i = k(hassei_i + shutyu_i)^\alpha$$

対数変換すると

$$\ln(bunpu_i) = \ln(k) + \alpha \ln(hassei_i + shutyu_i)$$

$bunpu_i$: ゾーン i の内々分布交通量

$hassei_i$: ゾーン i の発生交通量

$shutyu_i$: ゾーン i の集中交通量

k, α : パラメータ

モデル推定で用いた変数の説明は表 5-3 に示した。また各変数の基本統計量は付録 B 表 B-5 の通りである。

表 5-3 分布交通量のモデル推定に用いた変数の説明

	変数名	変数の説明	出典	
被説明変数	内外トリップ	bunpu	ij間の内外分布交通量 (台)	東京都市圏交通計画協議会 『パーソントリップ調査』
	内々トリップ	bunpu	ゾーンiの内々分布交通量 (台)	
説明変数	hassei	ゾーンiの発生交通量 (台)		東京都市圏交通計画協議会 『パーソントリップ調査』
	shutyu	ゾーンiの集中交通量 (台)		
	kyori	ゾーンij間の距離 (m)		GIS
	hassei_syutyu	hassei+shutyu		
	_cons	定数項		

モデルの推定結果は以下のようになった。各モデル推定結果の詳細は付録 B 表 5-6 に示した。

① 内外分布交通量 (グラビティモデル)

$$bunpu_{ij} = 2904.45 hassei_i^{0.789} shutyu_j^{0.706} f(kyori_{ij})$$

$$f(kyori_{ij}) = kyori_{ij}^{-2.018}$$

② 内々分布交通量 (指数モデル)

$$bunpu_i = 0.026 (hassei_i + shutyu_i)^{1.157}$$

5.3.3 配分交通量の推定と分析結果

国道 234 号と都道 435 号を通り得るトリップを現状の分布交通量から合計し、そのう

ち実際に2つの道路を利用するトリップ数の割合（＝分担率）を計算する。

次に踏切を含む配分交通量の推計を行うために、踏切を通過する際の損失時間を考慮して推計を行うことが可能であるリンクパフォーマンス関数を用いて交通量を配分する。リンクパフォーマンス関数とは、各リンクの交通量と旅行時間の関係を表す式である。等時間原則¹に基づいた道路特性を反映した関数で、交通量と旅行時間をバランスよく推定することができる。

本分析で用いたリンクパフォーマンス関数は以下の通りである。リンクパフォーマンス関数に含まれるパラメータの数値は土木学会(2003)を参考にした。

あるリンク a について

$$t_a(x_a) = t_{a0} \times \left\{ 1 + 0.48 \times \left(\frac{x_a}{\gamma_a \times C_a} \right)^{2.82} \right\}$$

t_a : 旅行時間 x_a : 交通量 (日) t_{a0} : 自由旅行時間 (分)
 γ_a : 日換算係数 C_a : 時間交通容量 (台/時)

以上のリンクパフォーマンス関数のパラメータのうち、混雑が生じていない場合のトリップの通行時間である自由旅行時間は Google map から、また時間交通容量は現地で計測した交通量よりデータが入手できる。

リンクパフォーマンス関数の数理的最適化問題を解くため、Frank-Wolfe 法のアルゴリズムを組み立てて利用者均衡配分を行い、現状の交通量で踏切が除去された場合の交通量の配分を求めた。計算方法の詳細については付録 C を参照してほしい。

結果は表 5-4、表 5-5 に示した。連続立体交差事業の場合向原踏切、東池袋四丁目踏切の2カ所の踏切が除去されるため、単独立体交差事業よりも短縮される通行時間が大きくなる。またどちらの方向においても、向原駅よりも東池袋四丁目駅を通過するリンクの短縮時間が大きい結果となった。これは、向原駅を通過するリンクの方が、踏切を除去する前でも旅行時間が短く、より多くのドライバーが向原駅のリンクを選び混雑が生じるためであると考えられる。

¹ 等時間原則

Wardrop の第一原則とも呼ばれる。ある出発地から到着まで2つ以上のリンクがある場合、各通行者は自分にとって最も短いリンクを選択するという法則を指す。各通行者がこの原則に従った結果、利用されるリンクの旅行時間は全て等しくなる。

表 5-4 配分交通量の推計結果（方向：北⇒南）

北⇒南		平日		休日	
		向原	東池袋四丁目	向原	東池袋四丁目
踏切撤去前	交通量(台)	8985	6605	8010	6405
	配分(割合)	0.58	0.42	0.56	0.44
	時間(分)	5.33	5.67	5.33	5.67
連続立体 交差事業 施行後	交通量(台)	9935	5655	8894	5521
	配分(割合)	0.64	0.36	0.62	0.38
	時間(分)	4.91	4.91	4.93	4.93
	事業による短縮 時間(分)	0.42	0.75	0.40	0.73
単独立体 交差事業 施行後	交通量(台)	10495	5095	9410	5005
	配分(割合)	0.67	0.33	0.65	0.35
	時間(分)	5.23	5.23	5.27	5.27
	事業による短縮 時間(分)	0.10	0.44	0.07	0.40

表 5-5 配分交通量の推計結果（方向：南⇒北）

南⇒北		平日		休日	
		向原	東池袋四丁目	向原	東池袋四丁目
踏切撤去前	交通量(台)	8420	7385	7335	6720
	配分(割合)	0.53	0.47	0.52	0.48
	時間(分)	5.33	5.67	5.33	5.67
連続立体 交差事業 施行後	交通量(台)	9392	6413	8199	5856
	配分(割合)	0.59	0.41	0.58	0.42
	時間(分)	4.96	4.96	4.97	4.97
	事業による短縮 時間(分)	0.37	0.71	0.36	0.70
単独立体 交差事業 施行後	交通量(台)	9953	5852	8697	5358
	配分(割合)	0.63	0.37	0.62	0.38
	時間(分)	5.31	5.31	5.33	5.33
	事業による短縮 時間(分)	0.03	0.36	0.01	0.34

5.4 将来交通需要量の予測

5.3.1 で求めた発生・集中交通量の予測モデルの説明変数の値を検討期間にわたって推計し、その値を順にモデルに代入して、最後に配分交通量が求まる。

将来人口は平成 20 年度の年齢階層別の人口に年齢階層別の人口増加率を適用することで求めた。平成 20 年度のゾーンごとの人口は東京都のパーソントリップ調査のデータを使用した。人口増加率についてはゾーンごとのデータを得られなかったため、国立社会保障・人口問題研究所の東京都の年齢階層別の人口増加率を使用して求めた。

この東京都の年齢階層別の人口増加率は 5 年ごとしかデータが存在していなかったため、

5年間の人口増加率を1年ごとの人口増加率の積とみなし、相乗平均をとることで1年ごとの人口増加率を求めた。その結果が表5-6である。なお2041年以降の人口増加率に関してはデータが存在していなかったため、2041年以降については2040年の人口増加率に等しいものとして計算している。長期の人口増加率の予想は要素の反映が難しく、一定の値に収束していく傾向があるため、この仮定はさほど大きな誤差をもたらさないといえる。

表 5-6 検討期間 50 年の人口増加率

	2009～ 2015	2016～ 2020	2021～ 2025	2026～ 2030	2031～ 2035	2036～ 2040	2041～ 2045	2046～ 2050	2051～ 2055	2056～ 2060	2061～ 2065
5～9歳	1.0062	0.9941	0.9747	0.9820	0.9904	0.9893	0.9893	0.9893	0.9893	0.9893	0.9893
10～14歳	0.9979	1.0049	0.9945	0.9748	0.9820	0.9904	0.9904	0.9904	0.9904	0.9904	0.9904
15～19歳	0.9975	0.9919	1.0036	0.9941	0.9747	0.9819	0.9819	0.9819	0.9819	0.9819	0.9819
20～24歳	0.9738	0.9854	0.9903	1.0013	0.9931	0.9746	0.9746	0.9746	0.9746	0.9746	0.9746
25～29歳	0.9750	0.9713	0.9847	0.9904	1.0009	0.9928	0.9928	0.9928	0.9928	0.9928	0.9928
30～34歳	0.9861	0.9742	0.9710	0.9851	0.9904	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006
35～39歳	0.9787	0.9851	0.9742	0.9714	0.9853	0.9904	0.9904	0.9904	0.9904	0.9904	0.9904
40～44歳	1.0209	0.9776	0.9851	0.9743	0.9717	0.9855	0.9855	0.9855	0.9855	0.9855	0.9855
45～49歳	1.0309	1.0199	0.9777	0.9851	0.9744	0.9719	0.9719	0.9719	0.9719	0.9719	0.9719
50～54歳	1.0391	1.0305	1.0202	0.9777	0.9851	0.9745	0.9745	0.9745	0.9745	0.9745	0.9745
55～59歳	0.9898	1.0391	1.0310	1.0204	0.9777	0.9852	0.9852	0.9852	0.9852	0.9852	0.9852
60～64歳	0.9578	0.9905	1.0397	1.0312	1.0205	0.9778	0.9778	0.9778	0.9778	0.9778	0.9778
65～69歳	1.0225	0.9584	0.9915	1.0399	1.0315	1.0207	1.0207	1.0207	1.0207	1.0207	1.0207
70～74歳	1.0196	1.0237	0.9594	0.9919	1.0401	1.0318	1.0318	1.0318	1.0318	1.0318	1.0318
75～79歳	1.0157	1.0211	1.0259	0.9598	0.9927	1.0406	1.0406	1.0406	1.0406	1.0406	1.0406
80～84歳	1.0425	1.0185	1.0240	1.0282	0.9602	0.9940	0.9940	0.9940	0.9940	0.9940	0.9940
85～	1.0592	1.0479	1.0229	1.0265	1.0319	0.9608	0.9608	0.9608	0.9608	0.9608	0.9608

※国立社会保障・人口問題研究所データより筆者作成

人口増加率を用いてモデルの説明変数の将来予測値を推計し、求めた値を5.3.1に示したモデルに代入することによって、検討期間の将来発生・集中交通量の予測値が求まる。その将来発生・集中交通量の値を5.3.2で推計したモデルに代入し、将来分布交通量を予測する。最後に、将来分布交通量から5.3.3で求めた配分率をもとに検討期間の配分交通量を求める。ここで、現状で踏切が除去された結果のリンクの交通量の配分率が検討期間の間等しいと仮定した。将来発生交通量の推計結果は表5-7、将来集中交通量の推計結果は表5-8、将来分布交通量の推計結果は表5-9、自動車の将来配分交通量の推計結果は表5-10、表5-11、歩行者の将来配分交通量の推計結果は表5-12である。紙面の都合上推定結果の一部である、検討期間の内5年毎の結果のみを示した。

表 5-7 将来発生交通量の推定結果

		将来発生交通量合計(人)					
		2015年	2025年	2035年	2045年	2055年	2065年
ゾーン 加藤	0010	25197	24053	22066	19256	16978	15123
	0011	26772	25506	23324	20344	17916	15934
	0012	39097	37162	33902	29306	25570	22525
	0013	12572	12091	11262	10086	9133	8357
	0020	35202	33418	30446	26421	23141	20463
	0021	15332	14707	13625	12092	10849	9837
	0022	21500	20538	18894	16567	14679	13142
	0023	28298	26892	24610	21442	18861	16757
	0024	15060	14400	13262	11835	10652	9680
	0210	30361	28770	26276	22857	20034	17728
	0211	24679	23423	21448	18751	16526	14708
	0212	13504	12837	11947	10635	9540	8649
	0220	17806	16861	15459	13643	12137	10903
	0221	13238	12660	11779	10528	9499	8661
	0222	14974	14282	13219	11744	10530	9539
	0223	12258	11734	10900	9786	8854	8091
	0230	15372	14672	13528	12018	10776	9761
	0510	15358	14604	13469	11951	10689	9657
	0511	27992	26437	23918	20949	18475	16434
	0520	33490	31790	28720	25074	22020	19500
0521	29402	27817	25323	22091	19386	17163	
0522	23635	22442	20366	17847	15744	14014	
0523	33125	31415	28665	24904	21791	19243	

表 5-8 将来集中交通量の推定結果

		将来集中交通量合計(人)					
		2015年	2025年	2035年	2045年	2055年	2065年
ゾーン 加藤	0010	15219	14404	12971	10947	9306	7970
	0011	26298	24966	22600	19477	17075	15319
	0012	35101	33201	30255	25937	22549	19977
	0013	6620	6249	5609	4701	3965	3366
	0020	25091	23604	21311	18444	16234	14599
	0021	7947	7517	6751	5702	4863	4199
	0022	10622	10028	9058	7687	6593	5729
	0023	22561	21170	19298	16688	14667	13191
	0024	17291	16403	15004	13350	12250	11697
	0210	42977	40796	37737	33382	30339	28654
	0211	34313	32561	30096	26665	24308	23061
	0212	22912	21745	20458	18218	16772	16227
	0220	30573	28977	26623	23592	21496	20392
	0221	12829	12151	11263	9852	8844	8233
	0222	15885	14994	13776	12083	10857	10109
	0223	18320	17475	16139	14290	13039	12424
	0230	17472	16454	15015	13183	11872	11090
	0510	28353	26745	24473	21893	20160	19322
	0511	50217	47370	43246	38546	35316	33640
	0520	54082	51758	47699	42851	39745	38442
0521	51328	49080	45602	40750	37583	36219	
0522	43137	40785	37424	33465	30849	29696	
0523	40198	38226	35714	32220	30008	29212	

表 5-9 将来分布交通量の推定結果（うち到着地がゾーン 0010 のデータに限定して示す）

ゾーン番号	将来分布交通量(人)					
	2015年	2025年	2035年	2045年	2055年	2065年
0010-0010	5644	5328	4784	4029	3430	2953
0011-0010	2338	2165	1873	1492	1203	983
0012-0010	3878	3584	3095	2448	1960	1590
0013-0010	2496	2328	2044	1662	1370	1145
0020-0010	2073	1914	1651	1310	1052	856
0021-0010	2868	2669	2334	1885	1543	1280
0022-0010	2210	2051	1783	1426	1156	949
0023-0010	1752	1618	1401	1115	899	734
0024-0010	428	397	346	280	230	191
0210-0010	197	181	157	124	100	81
0211-0010	153	142	123	98	79	65
0212-0010	59	55	48	39	32	26
0220-0010	309	285	247	199	161	133
0221-0010	604	561	492	399	328	274
0222-0010	431	399	349	282	230	191
0223-0010	184	171	150	122	101	84
0230-0010	546	506	441	356	292	242
0510-0010	31	29	25	20	17	14
0511-0010	61	56	48	38	31	25
0520-0010	69	63	54	43	35	28
0521-0010	90	83	72	57	46	37
0522-0010	31	29	25	20	16	13
0523-0010	41	38	33	26	21	17

表 5-10 将来配分交通量（自動車）の推定結果（連続立体交差事業の場合）

	通過駅	方向	日	2015年	2025年	2035年	2045年	2055年	2065年
自動車 (台)	向原	北⇒南	平日	9176	8530	8243	6893	5904	5230
			休日	8485	7887	7622	6374	5459	4835
		南⇒北	平日	8784	8179	7803	6553	5649	5046
			休日	7812	7274	6890	5787	4989	4458
	東池袋 四丁目	北⇒南	平日	6414	5962	4637	3877	3321	2942
			休日	5930	5512	4287	3585	3071	2720
		南⇒北	平日	7021	6537	5446	4574	3943	3522
			休日	6243	5813	4788	4021	3467	3098

表 5-11 将来配分交通量（自動車）の推定結果（単独立体交差事業の場合）

	通過駅	方向	日	2015年	2025年	2035年	2045年	2055年	2065年
自動車 (台)	向原	北⇒南	平日	9176	9709	8630	7216	6181	5475
			休日	8485	8978	7979	6672	5715	5062
		南⇒北	平日	8784	8683	7747	6507	5610	5013
			休日	7812	7721	6890	5787	4989	4458
	東池袋 四丁目	北⇒南	平日	6414	4782	4250	3554	3044	2697
			休日	5930	4422	3930	3286	2815	2493
		南⇒北	平日	7021	6034	5384	4522	3899	3484
			休日	6243	5366	4788	4021	3467	3098

表 5-12 将来交通量（歩行者）の推定結果

	通過駅	日	2015年	2025年	2035年	2045年	2055年	2065年
歩行者 (人)	向原	平日	7015	7024	6694	6173	5693	5251
		休日	6465	6473	6169	5689	5247	4839
	東池袋 四丁目	平日	6895	6904	6579	6068	5596	5161
		休日	6405	6413	6112	5636	5198	4794

6. 便益項目の算出

本章では各便益項目の具体的な計算方法と結果について述べる。

6.1 自動車便益

6.1.1 移動時間短縮便益

4.1 で述べた通り、自動車の移動時間が減少することによる便益である。前章で求めた交通量と短縮時間を用い、原単位を乗じることで移動時間短縮の便益を求める。原単位は国土交通省（2008）の値に従った。利用した原単位は表 6-1 の通りである。バスと他の乗用車（バイクを含む）では乗車人数が大きく異なり移動時間の短縮便益が異なるため、バスと他の乗用車では別の値を利用した。この際バスと他の乗用車の比率は検討期間の間 2015 年現在の比率から変化しないと想定して交通量を配分した。例えば、向原駅のピーク時のバスと他の乗用車の比率は、2 回の計測から得られた比率の平均値の 11:100 とし、その後もこの比率は変化しないとする（付録 A 表 A-1、A-2 参照）。また交通量や移動時間は休日と平日で異なるため、別々に計算した。なお休日は 242 日、平日は 123 日と設定した。便益は With ケースと Without ケースの総移動時間費用の差で求める。総移動時間費用は以下の式で算定する。

$$(\text{1 日の総移動時間費用}) = (\text{1 日の交通量}) \times (\text{移動時間}) \times (\text{原単位})$$

表 6-1 各原単位

単位:円/分・台	
車種	時間価値原単位
乗用車	40.10
バス	374.27

結果は連続立体交差で 25.2 億円、単独立体交差で 11.4 億円であった。連続立体交差では単独立体交差に比べ 2 倍の踏切を除去したが、連続立体交差における移動時間削減便益は単独立体交差の 2 倍を上回っていることが分かる。これは、単独立体交差事業では踏切を除去した道路の移動時間が減ると同時に交通量も増えるため、移動時間減少便益の額がそれほど大きくならなかったと推測できる。

6.1.2 歩行費用減少便益

走行費用減少便益は with ケースと without ケースの走行費用の差によって求める。走行費用は交通量と道路の長さと同単位によって決まる。道路の距離は Google map を利用して計測した。国道 254 号では 2km、都道 435 号では 2.7km である。原単位は車種と速度によって異なり、国土交通省（2008）を参考にして求めた。速度については 5 章で求めた移動時間から求めた。利用した原単位を表 6-2 の通りである。

表 6-2 使用した原単位

		単位: 円/台・km			
		国道254号北→南	都道435号北→南	国道254号南→北	都道435号南→北
切除しない	平均速度(km/h)	22.5	28.6	22.5	28.6
	原単位(自動車)	25.31	24.11	25.31	24.11
	原単位(バス)	83.885	81.39	83.885	81.39
連続立体交差	平均速度(km/h)	24.4	33.0	24.2	32.7
	原単位(自動車)	24.6	23.26	24.6	23.26
	原単位(バス)	82.46	79.49	82.46	79.49
単独立体交差	平均速度(km/h)	22.9	31.0	22.6	30.6
	原単位(自動車)	25.31	23.62	25.31	23.62
	原単位(バス)	83.885	80.32	83.885	80.32

走行費用はマニュアルより以下のように計測した。なお本便益も平日と休日に分けて計算している。

$$(1 \text{ 日の走行費用}) = (1 \text{ 日の交通量}) \times (\text{道路の長さ}) \times (\text{走行費用原単位})$$

結果は連続立体交差で 1.5 億円、単独立体交差で 1.8 億円となった。

6.1.3 交通流円滑化による交通事故減少便益

前述の通り、踏切の切除が交通流を円滑化することによって交通事故が減少する便益である。主要交差点の数と道路の長さや交通量によって、交通事故損失額の計算式が以下のように設定されており、with ケースと without ケースの差が便益となる。

$$\begin{aligned} (\text{年間総事故減少便益}) &= 2 \times (1 \text{ 日の交通量}) \times (\text{道路の長さ}) \\ &\quad + 0.53 \times (1 \text{ 日の交通量}) \times (\text{主要交差点の数}) \end{aligned}$$

主要交差点の数と道路の距離は Google map を用いて求めた。道路の距離は走行費用減少便益と同様に 2km、2.7km とした。主要交差点の数は国道 254 号、都道 435 号双方で 4 つとした。なお本便益の計算式は年間単位でしか計算できないため、1 日の交通量は休日と平日の日数によって加重平均の値を求めた。

推定した結果、便益は連続立体交差で 0.8 億円、単独立体交差で 0.3 億円であった。

6.1.4 踏切事故減少便益

1 年辺りの踏切事故の推計値に原単位をかけることで求めた。まず 1 年あたりの踏切事故の推計値について説明する。当該踏切における事故の発生件数についての資料を入手することができなかったため、東京都全体の踏切事故の件数から推計を行った。まず国土交通省支局関東運輸局鉄道部関東運輸局管内の『鉄軌道事故等の発生状況』の資料から、東京都における踏切事故の死亡者数、負傷者数、物的損害数の 3 項目を過去 8 年にわたり集計した。その結果が表 6-3 である。

表 6-3 東京都における踏切事故数

年度	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26
死傷者数(人)	5	3	4	9	7	7	10	4
負傷者数(人)	11	4	3	3	7	8	3	2
物的破壊事故(件)	20	12	14	15	22	22	24	9

次に踏切事故は主に緊急対策踏切にて発生するものと仮定し、表 6-3 における踏切事故の発生件数の年平均で割ることで 1 年あたりの事故発生件数を求めた。結果は向原踏切、東池袋四丁目踏切ともに、死傷者数が 0.013 人、負傷者数が 0.011 人、物的破壊事故数が 0.037 件であった。

この踏切事故の件数に各項目の原単位を乗じることによって踏切事故による損失額を求め、with と without の差をとることで踏切事故減少便益を計算した。原単位は国土交通省（2008）に倣い、表 5-4 に示した値を使用した。

表 6-4 損害額の原単位

	原単位
死亡事故人的損害額	245674千円/人
負傷損害額	1387千円/人
物的損害額	469千円/件

また踏切事故減少便益を求める式は以下の通りである。

$$\begin{aligned}
 (\text{踏切事故減少便益}) &= (\text{死亡事故数}) \times (\text{死亡事故原単位}) \\
 &\quad + (\text{負傷者数}) \times (\text{負傷原単位}) \\
 &\quad + (\text{物的事故数}) \times (\text{物的事故原単位})
 \end{aligned}$$

推定結果は連続立体交差事業で 0.6 億円、単独立体交差で 0.5 億円となった。なお本踏切事故の便益の計算は自動車事故、歩行者事故の双方を含んだものであるため、次節において歩行者便益に含まれる踏切事故減少便益の算定と結果についての説明は省略した。

6.2 歩行者便益

6.2.1 歩行者踏切待ち解消便益

本便益は歩行者の移動時間削減便益である。この便益の計算は『費用便益マニュアル<連続立体交差事業>』により、以下のように規定されている。

$$\begin{aligned}
 (\text{1日の踏切待ち時間解消による便益}) &= 1/2 \times (\text{歩行者交通量}) \times (\text{遮断確率}) \\
 &\quad \times (\text{平均遮断時間}) \times (\text{時間原単位})
 \end{aligned}$$

時間原単位は同マニュアルより、歩行者も自転車も共に 25.57 (円/分・人) とする。

平均遮断時間は現地の計測により計測した。向原も東池袋も全時間で0.5分であった。遮断確率は全時間の内踏切が閉まっている時間のことである。向原と東池袋踏切のピーク時は、3分に1回30秒間しまっていたため、遮断確率を1/6とした。向原と東池袋では4.5分に1回閉まっていたため、遮断確率は1/9とした。

歩行者交通量は将来予測が必要である。将来予測値は現地で計測した現地交通量に東京都区部の将来人口増減率を乗じることによって求めた。自動車交通量よりも正確さに欠ける方法ではあるが、歩行者踏切待ち解消便益の値自体も小さいことが予想されたため、簡易な推計で済ませた。結果は連続立体交差事業で1.9億円、単独立体交差で1.2億円である。

6.2.2 踏切事故減少便益

本便益については自動車便益と同時に計上したため、ここでの説明は省略する。詳しくは6.1.4を参照してほしい。

6.3 総便益の算定

以上で計上された各便益から、総便益の割引現在価値を算定する。

6.3.1 便益の現在価値の算定

事業の供用開始年を起点（連続立体交差事業なら17年目、単独立体交差事業の場合10年目）とし、検討期間にわたる年次毎の便益を計算する。各年の便益は、3.4にて設定した現在割引率（4%）を用いて割引いた後、検討期間の便益を合計する。算定式は以下の通りである。

$$\text{総便益の現在価値} = \sum_t \left\{ \frac{B}{(1 + 0.04)^{(t-2015)}} \right\}$$

B：t年度における便益の実質価値

t：供用開始年次を0年とした場合の年次

6.3.2 便益額の合計

便益の各項目について現在価値額を合計した値が事業全体の便益の現在価値となる。結果は表6-5のようになった。

表 6-5 総便益の推定結果

with1		(単位: 億円)	
連続立体 交差事業	自動車便益	移動時間短縮便益	25.2
		走行費用減少便益	1.5
		交通流円滑化による交通事故減少便益	0.1
	歩行者便益	歩行者踏切待ち解消便益	1.9
		踏切事故減少便益	0.6
			総便益
with2			
単独立体 交差事業	自動車便益	移動時間短縮便益	11.4
		走行費用減少便益	1.8
		交通流円滑化による交通事故減少便益	0.3
	歩行者便益	歩行者踏切待ち解消便益	1.2
		踏切事故減少便益	0.5
			総便益

7. 費用項目の算出

本章では各費用項目の具体的な計算方法と結果について述べる。

7.1 費用推定の前提

本稿の分析では、立体交差事業が検討されていない箇所を取り扱っているため、他の踏切箇所の立体交差事業の検討調査報告書(神奈川県(2011)、千葉県市川市(2009))から費用を類推した。その際に参考にした踏切箇所は以下の2つである。

- ① 神奈川県大和市小田急電鉄江ノ島線：桜ヶ丘1号、桜ヶ丘3号、大和5号
- ② 千葉県市川市京成本線：国府台4号、国府台5号、京成八幡1号、市川真間3号、菅野5号

①の江ノ島線上の踏切は平成23年時点で、②の京成本線上の踏切は平成21年時点では踏切が除去されておらず、地域の分割や踏切の安全性の問題が生じている。これらの踏切に対して連続立体交差事業、また単独立体交差事業が検討されており、本稿では以上の踏切の検討報告書を参考にして各費用を推定した。

各費用項目を算定するにあたって、用地費を除く工事費や維持管理費については事業箇所の規模に比例させて計上した。用地費については、踏切が位置する箇所の地価に費用が大きく依存するため、別箇に計算した。用地費を計算する際、国土交通省の『国土交通省地価公示・都道府県地価調査』をもとに、事業箇所近辺(豊島区长崎3丁目)の公示地価を利用した。

また立体交差事業の事業費に関しては国庫補助によって賄われる部分があり、事業者である東京都が全てを負担するわけではない。そのため計上された総費用のうち東京都負担分を算出した。

なお、参考にした報告書からは事業期間全体でかかった費用についてのデータのみ得られたため、工事t年目に要する費用は全体工事費÷事業期間とし、事業期間内で各年にかかる費用は毎年等しいとした。

7.2 連続立体交差事業

本節では連続立体交差事業にかかる費用を計上する。推計にあたって事業の仮定を表7.1のように設定した。

表 7.1 連続立体交差事業の事業内容に関する仮定

鉄道	工事区間: 600m 幅員: 10.5m
道路	工事区間: 600m 幅員: 27m
除去される踏切	向原 東池袋四丁目
用地	買収面積: 3600m ³ 借地面積: 1800m ³
事業期間	16年間

7.2.1 鉄道交差化に要する費用

鉄道交差化にかかる工事費を計算する。神奈川県（2011）を参考に、工事費について連続立体交差事業の工事区間の距離を比例させて求めた。1mあたりの工事費については神奈川県（2011）からの値（6937.5万円/m）をそのまま用い、また工事区間についてはGoogle Map から向原駅から東池袋四丁目駅の距離を計測して求めた。式については以下の通りである。

$$(\text{工事費}) = (\text{1mあたりの工事費}) \times (\text{工事区間})$$

結果は約 416 億円となった。

7.2.2 関連道路整備に要する費用

① 工事費

鉄道交差化にあたり、周辺道路の整備に要する工事費を計算する。7.1.1と同様に、神奈川県（2011）を参考に、連続立体交差事業の工事区間の距離を比例させて計上した。1mあたりの工事費については神奈川県（2011）からの値（62.5万円/m）をそのまま用いた。式については以下の通りである。

$$(\text{工事費}) = (\text{1mあたりの工事費}) \times (\text{工事区間})$$

結果は約 3.8 億円となった。

② 用地費

鉄道交差化を高架化するために仮設線路を敷くための土地と、高架化した下に発生する道路を整備するために要する土地を利用するための費用を計算する。高架化したあと、仮設線路を敷いていた土地は必要なくなるため、借地面積として計上した。また

事業周辺で道路として整備される土地は買収面積として計算した。

千葉県市川市（2009）において用いられていた値を使って、買収する道路幅を 6m、借地する道路幅を 3m と設定し、工事区間を乗じて買収面積、借地面積を導出した。公示価格は 2015 年 12 月時点 1m²あたり 53.7 万円/ m²であった。式は以下の通りである。

$$\begin{aligned} \text{(用地費)} &= (1\text{m}^2\text{あたりの公示価格 (円/ m}^2) \times (\text{用地買収面積}) \\ &\quad + 0.04 \times (1\text{m}^2\text{あたりの公示価格 (円/ m}^2) \times (\text{用地買収面積}) \end{aligned}$$

推定結果は約 20 億円となった。

7.2.3 維持管理費

神奈川県（2011）で使用されていた値も用い、1m²あたりの維持管理費は年 9840 円と設定し、以下のように計算した。

$$\text{(維持管理費)} = (1\text{m}^2\text{あたりの維持管理費 (円/ m}^2) \times (\text{整備される道路面積})$$

推定結果は年約 399 万円となった。

7.3 単独立体交差事業

本節では単独立体交差事業にかかる費用を計上する。推計にあたって事業の仮定を表 7.2 のように設定した。

表 7-2 単独立体交差事業の事業内容に関する仮定

道路	工事区間: 570m 幅員: 40m
除去される踏切	向原
用地	買収面積: 11970m ²
事業期間	9年間

7.3.1 道路整備に要する費用

① 工事費

道路の地下化するためにかかる工事費を計算する。神奈川県（2011）を参考に、工事費については江ノ島線桜ヶ丘踏切の単独立体交差事業を検討した場合に推計された道路整備の工事費をそのまま使用した。

結果は約 53 億円となった。

② 用地費

道路を地下化するために要する土地を利用するための費用を計算する。千葉県市川市（2009）を参考に、整備される道路幅を 21m と設定し、工事区間を乗じて買収面積を導出した。

用地費について、式は以下の通りである。

$$(\text{用地費}) = (1\text{m}^2\text{あたりの公示価格 (円/ m}^2) \times (\text{用地買収面積}))$$

推定結果は約 64.3 億円となった。

7.3.2 維持管理費

1m²あたりの維持管理費は、神奈川県（2011）で用いられていた値である年 6642 円を使用した。

$$(\text{維持管理費}) = (1\text{m}^2\text{あたりの維持管理費 (円/ m}^2) \times (\text{整備される道路面積}))$$

推定結果は年約 561 万円となった。

7.4 事業者の負担率

東京都が負担する費用の負担率については東京都建設局（2015）をもとに計算した。本稿の分析で扱う都電荒川線の事業者は当事者適格の東京都であるため、鉄道事業者の負担分も費用に含まれる。東京都の費用負担率は表 7-3 の通りである。

表 7-3 東京都の費用負担率

with1		負担	
連続立体交差事業	鉄道立体交差化に要する費用	東京都	27%
		国庫補助	47%
		区市	12%
		鉄道事業者	14%
	関連道路整備に要する費用	東京都	50%
		国庫補助	50%
	関連道路の維持管理に要する費用	東京都	100%
with2			
単独立体交差事業	道路整備に要する費用	東京都	50%
		国庫補助	50%
	関連道路の維持管理に要する費用	東京都	100%

7.5 総費用の算定

以上で計上された各費用から、総便益の現在価値を算定する。

7.5.1 便益の現在価値の算定

事業の供用開始年を起点（2015 年）とし、検討期間にわたる年次毎の費用を計算する。

ここで、各年の便益は 3.4 において設定した現在割引率（4%）を用いて割引いた後、検

討期間の費用を合計する。算定式は以下の通りである。

$$\text{総便益の現在価値} = \sum_t \left\{ \frac{C}{(1 + 0.04)^{(t-2015)}} \right\}$$

C : t 年度における費用の実質価値

t : 供用開始年次を 0 年とした場合の年次

連続立体交差事業の場合事業費は起点から 16 年目まで、単独立体交差事業の場合事業費は起点から 9 年目まで計上する。また土地の機会費用については検討期間にわたって計上した。

7.5.2 費用額の合計

費用の各項目について現在価値額を求め、それらを合計した値が事業全体の費用の値となる。結果は表 6 のようになった。

表 7-4 総費用の推定結果

	全体				東京都負担分(括弧内は負担率)			
	総費用	事業費		維持管理費	総費用	事業費		維持管理費
		鉄道	道路			鉄道	道路	
with1 連続立体交差事業 (鉄道高架方式)	121.5	93.3	27.3	1.0	52.8 (43%)	38.2 (41%)	13.6 (50%)	1.0 (100%)
	総費用	事業費(道路)		維持管理費	総費用	事業費(道路)		維持管理費
with2 単独立体交差事業 (道路地下方式)	122.2	120.8		1.4	61.8 (51%)	60.4 (50%)		1.4 (100%)

推定結果から、立体交差事業は費用のうち用地費が占める割合が高く、本分析で扱った事業の箇所では地価が高いため、立体交差事業の平均費用額と比較すると高い値になった。また事業で必要となる用地が連続立体交差事業よりも大きい単独立体交差事業の総費用が連続立体交差事業より高い結果になり、単独立体交差事業のメリットである工事費の低さは相殺された。

8. 純便益の推計と感度分析

8.1 純便益の推計

第6章で算定された便益の割引現在価値と第7章で算定された費用の現在価値をもとに、事業全体の純便益を推計する。

推計結果は表8-1の通りである。連続立体交差事業では便益は約29.3億円、費用は約48.0億円で純便益はマイナス18.8億円となり、負の値となった。単独立体交差事業では便益は約15.1億円、費用は約56.2億円で純便益は約マイナス41.0億円となり、連続立体交差事業よりも低い結果となった。費用便益比は連続立体交差事業では0.6、単独立体交差事業では0.3とどちらの政策でも1を下回っている。

表8-1 費用便益分析の推定結果

with1		(単位:億円)		
連続 立体 交差 事業	便益	自動車便益	移動時間短縮便益	25.2
			走行費用減少便益	1.5
			交通流円滑化による交通事故減少便益	0.1
		歩行者便益	歩行者踏切待ち解消便益	1.9
			踏切事故減少便益	0.6
			便益計	29.3
	費用	鉄道立体交差化費用	工事費	34.8
		関連道路整備費用	工事費	0.4
			用地補償費(買収費と借地費)	12.0
		維持管理費	点検・修繕費、巡回・清掃費等	0.9
		費用計	48.0	
評価 指標		純便益	-18.8	
		便益費用比	0.6	
with2				
単 独 立 体 交 差 事 業	便益 項目	自動車便益	移動時間短縮便益	11.4
			走行費用減少便益	1.8
			交通流円滑化による交通事故減少便益	0.3
		歩行者便益	歩行者踏切待ち解消便益	1.2
			踏切事故減少便益	0.5
			便益計	15.1
	費用 項目	道路整備費用	工事費	22.8
		維持管理費	用地補償費(買収費)	32.1
			点検・修繕費、巡回・清掃費等	1.3
			費用計	56.2
	評価 指標		純便益	-41.0
		便益費用比	0.0	

以上の結果から、費用が莫大であることが純便益に大きく影響を与え、マイナスの結果となっている。したがって、費用便益分析の結果、連続立体交差事業、単独立体交差事業どちらにおいても事業を実施するべきではない。

8.2 感度分析

以上の推定結果において、変動の幅を考慮すべきデータについて感度分析を行った。純便益の最善ケース、最悪ケースを計算し、結果の頑強性を確認する。

8.2.1 感度分析の設定

国土交通省(2010)にならい、総費用の±10%を変動幅として設定した。最善ケースでは総費用を-10%、最悪ケースでは総費用を+10%にして計算した。

8.2.2 感度分析の結果

感度分析の結果は表 8 のようになった。最善ケースにおいても費用は便益を大きく上回り、純便益はマイナスとなった。このことから、推定結果の頑健なものであり、やはり立体交差事業は実施するべきではないといえる。

表 8-2 感度分析の結果

(単位:億円)

with1		最善ケース	基本ケース	最悪ケース
連続立体交差事業	便益計	29.3	29.3	29.3
	費用計	43.2	48.0	52.8
	純便益	-13.9	-18.8	-23.5
	便益費用比	0.68	0.61	0.55

with2		最善ケース	基本ケース	最悪ケース
単独立体交差事業	便益計	15.1	15.1	15.1
	費用計	50.5	56.2	61.8
	純便益	-35.4	-41.0	-46.7
	便益費用比	0.30	0.27	0.25

9. 考察と今後の課題

本稿では東京都豊島区の向原踏切を連続立体交差化、または単独立体交差化するにあたっての費用便益分析をおこない、事業の正当性をその観点から定量的に評価した。

費用便益分析の結果、純便益は、連続立体交差事業の場合が約-18.7 億円、単独立体交差事業の場合が約-41.0 億円となった。この結果、費用便益分析の観点からは、向原踏切の連続、単独立体交差事業の導入を実施するべきではないという結論に達した。また、総費用を 10%減とした感度分析においても、純便益は連続立体交差事業の場合が-13.9 億円、単独立体交差事業の場合が-35.4 億円と、ともに負となり、結論の頑強性が確認された。このような結論に至った理由として、東京都の地価、特に分析の対象とした地域の地価が高いということが挙げられる。

また単独立体交差事業と連続立体交差事業を比較してみると、連続立体交差では時間短縮便益が単独立体交差のときに比べ 2 倍以上になっていることがわかった。本分析では連続立体交差事業において向原と東池袋四丁目の 2 つの踏切の除去を想定しているが、便益の推定結果から単独立体交差事業の場合と比較して 2 倍以上の便益がもたらされることが予想される。これは踏切を 1 つだけ除去した単独立体交差事業の場合は、向原踏切の除去によって国道 254 線を利用する方が通行時間が短くなり、国道 254 線を選択するドライバーが増えて交通量も増加して混雑をもたらし、結果的に時間短縮便益が減ってしまうからであると考えられる。

さらにこの結果から、果たしてどのような場合に連続立体交差事業もしくは連続立体交差事業を行うべきかという条件を考察し、以下にまとめた。

- ①地価の高い地域では、費用の小ささという単独立体交差の強みが活かさないので連続立体交差を行うべきである。
- ②交通量が多く、時間短縮費用が大きい地域では、複数の踏切を除去することによるシナジー効果が期待されるため、連続立体交差を行うべきである。
- ③歩行者踏切待ち解消便益や踏切事故解消便益が大きい地域では、単独立体交差を行うべきである。

本分析の課題としては、推定された交通需要量の予測モデルの決定係数が低く、モデルの説明力が低いことが挙げられる。この点については変数の対数化を行う、または最小二乗法以外での推定方法を適用することで対応できるであろう。また、本分析では費用項目を計上する際に最低限かかるであろう工事費用や維持管理費のみ考慮している。この他にも鉄道が立体化された場合の日照の影響など対象とすべき項目が残されているので、今後取り組みたい。

謝辞

本稿の執筆にあたり、指導教官の岩本康志教授・北野泰樹教授には分析の構成段階から完成まで有益な助言を頂いた。この場を借りて厚く御礼申し上げたい。

なお、本分析における推計結果や提言は全て筆者たち個人の見解であり、所属する機関としての見解を示すものではない。本稿にあり得る誤りは全て筆者に帰する。

参考文献

- 国土交通省（2007）『緊急対策踏切の実施状況について』
- 国土交通省（2008）『費用便益分析マニュアル<連続立体交差事業>』
- 国土交通省（2014）『関東運輸局管内における鉄軌道事故等の発生状況』
- 叶舒 岡本将寛 鈴木葵 前田尚吾 山内裕夏（2013）『新潟市BRT導入事業に関する費用便益分析』
- 国立社会保障・人口問題研究所（2013）『日本の地域別将来推計人口』
- 総務省統計局（2006）『事業所・企業統計』
- 東京都市圏交通計画協議会（2008）『第五回東京都市圏パーソントリップ調査』
- 土木計画学研究委員会・交通需要予測技術検討小委員会編（2003）『道路交通需要予測の理論と適用 第I編 利用者均衡配分の適用に向けて』土木学会
- 神奈川県（2011）『3つの交差方式に関する検討調査結果』
(<http://www.pref.kanagawa.jp/uploaded/attachment/360628.pdf>)
2015年12月12日アクセス
- 東京都建設局（2015）『道路と鉄道の連続立体交差事業』
(<http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/douken/lib/>) 2015年12月14日アクセス
- 千葉県市川市（2009）『京成本線の立体化及び沿線まちづくりに関する有識者委員会からの提言』(<http://www.city.ichikawa.lg.jp/cit02/1111000021.html>)
2015年12月12日アクセス

付録

A 自動者・歩行者通行量の観測データ（括弧内は待機数）

表 A-1 向原駅ピーク時（計測 1 回目）

- ・歩行者数：2015 年 11 月 13 日 07:20-07:50 に計測
- ・自動車数：2015 年 11 月 16 日 17:20-17:50 に計測

方向	歩行者（人）	バイク（台）	バス（台）	乗用車（台）
南→北	134(76)	24(10)	5(2)	412(175)
北→南	121(54)	32(18)	4(1)	423(171)

表 A-2 向原駅ピーク時（計測 2 回目）

- ・歩行者数：2015 年 11 月 20 日 07:20-07:50 に計測
- ・自動車数：2015 年 11 月 19 日 07:20-07:50 に計測

方向	歩行者（人）	バイク（台）	バス（台）	乗用車（台）
南→北	149(74)	18(22)	4(2)	168(262)
北→南	137(54)	11(14)	7(3)	226(189)

表 A-3 向原駅オフピーク時（計測 1 回目）

- ・歩行者数：2015 年 11 月 13 日 11:00-11:30 に計測
- ・自動車数：2015 年 11 月 19 日 計測（時間帯不明）

方向	歩行者（人）	バイク（台）	バス（台）	乗用車（台）
南→北	76(45)	36(73)	5(3)	243(173)
北→南	91(47)	19(10)	3(1)	213(154)

表 A-4 向原駅オフピーク時（計測 2 回目）

- ・歩行者数：2015 年 11 月 27 日 14:20-14:50 に計測
- ・自動車数：2015 年 11 月 19 日 14:20-14:50 に計測

方向	歩行者（人）	バイク（台）	バス（台）	乗用車（台）
南→北	121(53)	44(32)	10(10)	159(123)
北→南	143(62)	18(82)	4(2)	232(168)

表 A-5 東池袋四丁目駅ピーク時（計測 1 回目）

- ・自動車数：2015 年 11 月 19 日 08:00-08:30 に計測

方向	バイク（台）	バス（台）	乗用車（台）
南→北	39(13)	18(6)	162(106)
北→南	35(0)	2(0)	240(98)

表 A-6 東池袋四丁目駅ピーク時（計測 2 回目）

- ・自動車数：2015 年 11 月 19 日 18:00-18:30 に計測

方向	バイク（台）	バス（台）	乗用車（台）
南→北	13(3)	2(0)	233(16)
北→南	27(9)	3(0)	274(35)

表 A-7 東池袋四丁目駅オフピーク時（計測 1 回目）

- ・自動車数：2015 年 11 月 19 日 15:00-15:30 に計測

方向	バイク（台）	バス（台）	乗用車（台）
南→北	44(32)	10(10)	159(123)
北→南	35(14)	8(6)	179(98)

表 A-8 東池袋四丁目駅オフピーク時（計測 2 回目）

・自動車数：2015 年 12 月 1 日 11:00-12:00 に計測

	バイク（台）	バス（台）	自動車（台）
南→北	37(27)	9(3)	193(32)
北→南	43(30)	7(2)	163(95)

B. 将来交通需要量の予測モデルの推計

B.1 発生・集中交通量のモデル

表 B-1 被説明変数の基本統計量

変数名		観測数	平均	標準偏差	最小値	最大値
発生交通量	自宅－勤務	23	1197.39	1153.88	0	3757
	自宅－通学	23	162.78	205.09	0	645
	自宅－業務	23	700.17	747.06	0	2879
	自宅－私事	23	2087.44	2021.35	0	6774
	帰宅	23	6899.61	3325.55	2110	12457
	勤務・業務	23	8772.61	5311.69	2597	21229
	私事	23	3296.13	1667.30	702	7503
	不明	23	503.87	362.95	130	1747
集中交通量	自宅－勤務	23	3268.13	2698.26	644	9648
	自宅－通学	23	434.13	678.44	0	2178
	自宅－業務	23	971.57	529.07	394	2935
	自宅－私事	23	4405.83	4805.52	677	15515
	帰宅	23	7270.39	8863.42	0	27703
	勤務・業務	23	7104.52	5868.29	268	21252
	私事	23	4110.78	2792.00	524	10314
	不明	23	574.30	357.64	109	1507

表 B-2 説明変数の基本統計量

変数名	観測数	平均	標準偏差	最小値	最大値
sum_pop	23	57027.78	45792.51	0	142608
pop5_24	23	9843.57	8421.17	0	25915
pop25_64	23	35673.87	28061.57	0	86432
workers	23	33883.87	26314.53	0	81273
students	23	8198.39	6908.22	0	22000
kensetsu	23	4039.00	3678.85	540	13509
service	23	22855.09	22221.81	2676	89518
insyoku	23	8323.39	7781.65	1386	33467
unyu	23	3363.04	2895.69	330	9886
seizou	23	8789.13	6593.93	1934	30839
joho	23	11168.17	13085.66	60	51325
third_sector	23	92087.13	74445.38	15988	290762

表 B-3 発生交通量のモデル推定結果

	自宅-勤務	自宅-通学	自宅-業務	自宅-私事	帰宅	勤務・業務	私事	不明
pop25_64	0.036*** (0.004)		0.023*** (0.003)					
pop5_24		0.020*** (0.003)		0.229*** (0.016)				0.025*** (0.006)
insyoku					0.300*** (0.052)			
students					0.295*** (0.058)			
unyu					0.589*** (0.128)	0.720*** (0.220)		
kensetsu						0.598*** (0.194)		
seizou						0.236** (0.111)		
service							0.050*** (0.012)	0.016*** (0.002)
_cons	-79.036 (199.014)	-33.084 (39.328)	-132.791 (125.607)	-165.084 (202.967)	1.626 (950.304)	1863.213* (1003.731)	2144.242*** (382.534)	-107.403 (114.115)
R-squared	0.757	0.668	0.769	0.909	0.775	0.788	0.451	0.685
Adj-R squared	0.746	0.652	0.758	0.905	0.739	0.755	0.425	0.654
N	23	23	23	23	23	23	23	23

* p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01.
括弧内は標準誤差
小数点第3位以下を四捨五入

表 B-4 集中交通量のモデル推定結果

	自宅-勤務	自宅-通学	自宅-業務	自宅-私事	帰宅	勤務・業務	私事	不明
workers	0.063*** (0.018)							
students		0.079*** (0.013)						
unyu			0.099*** (0.033)					
pop5_24				0.500*** (0.060)			0.270*** (0.066)	0.037*** (0.007)
sum_pop					0.175*** (0.018)			
service						0.150*** (0.047)		
joho						0.181** (0.080)		
third_sector							0.018** (0.008)	0.004*** (0.001)
_cons	1134.502 (751.411)	-215.102 (134.651)	638.268 (147.267)	-516.895 (769.793)	-2736.524 (1292.559)	1665.883 (584.808)	-204.383 (1273.860)	-155.986 (134.325)
R-squared	0.377	0.650	0.294	0.768	0.822	0.904	0.452	0.629
Adj-R squared	0.347	0.634	0.261	0.757	0.813	0.895	0.397	0.592
N	23	23	23	23	23	23	23	23

* p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01.
括弧内は標準誤差
小数点第3位以下を四捨五入

B.2 分布交通量のモデル

表 B-5 変数の基本統計量

変数名		観測数	平均	標準偏差	最小値	最大値
内外交通量	bunpu	506	909.00	1462.82	0	7468
内々交通量	bunpu	23	8012.91	4869.33	1932	18104
hassei		23	23620.00	9885.52	9143	41645
shutyu		23	28139.65	17439.55	9913	68390
kyori		506	6655.24	4149.81	899	17296

表 B-6 分布交通量のモデル推定結果

分布交通量(内外トリップ)		分布交通量(内々トリップ)	
グラビティモデル		指数モデル	
ln(bunpu)		ln(bunpu)	
ln(hassei)	0.789*** (0.103)	ln(hassei_shutyu)	1.157*** (0.158)
ln(shutyu)	0.706*** (0.082)		
ln(kyor i)	-2.018*** (0.068)		
_cons	7.974*** (1.362)	_cons	-3.634** (1.694)
R-squared	0.668	R-squared	0.719
Adj-R squared	0.666	Adj-R squared	0.706
N	459	N	23

* p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01.
括弧内は標準偏差
小数点第4位以下は四捨五入

C リンクパフォーマンス関数の計算方法

配分交通量を求めるために、利用者均衡配分によって配分交通量を求める。Wardrop の第一原則を前提にして利用者均衡配分を行う。本分析では土木計画学研究委員会・交通需要予測技術検討小委員会編（2003）を参考にして下記の通り計算した。

全てのリンクにおける旅行時間が等しくなるようにリンクパフォーマンス関数の旅行時間と各リンクにおける交通量を求めるには、Frank-Wolfe 法²のアルゴリズムを解けばよい。

Frank-Wolfe 法による利用者均衡配分のアルゴリズムは以下の通りである。

1. リンクパフォーマンス関数より、すべてのフローがゼロの時の各リンクの旅行時間を求める。
2. ステップ 1. で求めた旅行時間の中で、最も旅行時間が短いリンクにすべての交通量を配分する。
3. リンクパフォーマンス関数の旅行時間を更新する
4. ステップ 3. で求めた旅行時間に基づいて、再び旅行時間が最短のリンクに交通量をすべて配分する。
5. 各リンクの旅行時間の合計を最小化するように、各リンクの交通量を求める。
6. 収束判定を満たせば終了し、解が求まる。満たさなければ、ステップ 1. に戻る

² Frank-Wolfe 法、ならびにリンクパフォーマンス関数については土木計画学研究委員会・交通需要予測技術検討小委員会編（2003）第 5 章 5-1、Appendix 1 を参照してほしい。