

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	感度解析を用いた公共交通中心社会の成立条件推定法
Title(English)	
著者(和文)	矢野浩仁
Author(English)	Kojin Yano
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10226号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:寺野 隆雄,新田 克己,出口 弘,高安 美佐子,小野 功
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10226号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Type(English)	Doctoral Thesis

感度解析を用いた公共交通中心社会の 成立条件推定法

2016 年 2 月 25 日

東京工業大学 大学院総合理工学研究科

知能システム科学専攻

矢野 浩仁

概 要

公共交通中心社会とは、鉄道やバス等の公共交通を整備し、公共交通の近辺に様々な施設を配置することで、車の利用を抑え、公共交通と徒歩にて生活出来る街づくりを目指すコンセプトである。本コンセプトは 1990 年代に交通渋滞による公害や、郊外のスプロール化による都心活力の低下などが問題となった米国で確立したものであり、典型例として米国ポートランド市の事例が挙げられる。ポートランド市では 1980 年代から土地利用の法規制と公共交通の整備を進め、都心の再活性化と、郊外の自然環境を適切に残し、公共交通沿線での宅地化といった適切な土地利用が来ている。こうした街づくりは従来国や自治体で都市計画を立て、施策を予算化して推進してきていたが、今後国が成熟するにつれて税収が頭打ちになっていくと思われる。社会インフラも整備した規模だけ老朽化対策が年々必要になっていくことから、これまでの国や自治体がすべて管理していくのは難しい時代になっていくと考えられる。そこで民間資本も参画し、街づくりや社会インフラの運営管理を進めていくことが求められる。本研究では Klaassen の都市発展段階説における”郊外化”が進んできた都市を対象とし、公共交通中心社会の 1 つの施策である交通モダシフトに焦点をあてて、民間資本参画を踏まえた事前評価方法を検討する。

交通モダシフトでは、公共交通の利用に対しインセンティブをポイントという形で提供し、公共交通の利用者を増やす試みが行われている。この交通モダシフトの評価法については、先行研究はいくつか存在するが（山崎 2005, 倉内 2005, Jennifer 2008, 山形 2011, 谷口 2011, Kuwahara 2013, Mansoureh 2013）、運営する交通事業者の立場で見た場合、事業として継続可能かという視点で評価はなされておらず、交通事業者視点での評価手段の実現が問題となっていた。また、交通モダシフトによって、公共交通中心社会が目指す土地利用に貢献出来るかについて、定量的な評価手段は提案されておらず、評価手段の実現が問題となっていた。本研究では、上記課題の交通事業者の事業性評価として、交通事業者の投資対効果を費用便益として算出する定量評価モデルを構築すること、および土地利用評価として、街並みが公共交通沿線に居住地が集まるようになるのかを定量評価する評価手段を構築することを目的とした。また上記モデルや手段は多くの都市で使えるよう、なるべく都市の統計情報のみで使用出来るものを目指した。

まず、交通事業者の事業性評価として、交通モダシフトが他の典型的な交通渋滞緩和施策とどの程度効果があるのか、費用便益として定量評価可能なモデル開発を行った。比較対象の施策として、ハード面での改修を行う道路建設（道路拡幅道路容量を拡大し、渋滞緩和を目指す）と、ソフト面での改修を行うロードプライシング（エリア内を通行する際には、通行料金を自動課金される。課金回避で車利用を減らすことで、渋滞緩和を目指す）の 2 つの施策を選択した。モデル開発では、利用者行動層と交通層の 2 段階に分けて、利用者行動層ではロードプライシングや、交通モダシフトに対する利用者の交通

選択を模擬するようにした。また交通層では、道路交通流のモデルと、交通事業者のモデルを組み込み、特に交通事業者については、移動需要に対し公共交通で乗り切れない場合も想定したモデルを組み込み、増便可能な場合は増便し、増便収入およびコストを模擬した。また交通事業者の投資対効果を費用便益として出力出来るようにし、さらに車利用者の費用便益、車を利用しない住民の費用便益、自治体の費用便益もそれぞれ出力し、交通事業者、自治体それぞれの観点で定量評価が出来るモデルを開発した。さらにこれらモデルの出力結果に対し、感度解析による評価の確からしさも検証した。

次に、交通モーダルシフトに対する土地利用評価として、土地利用の定量評価手段の開発を行った。本研究では、住民が居住地に対し何を求めるか（居住地に対する効用）で、土地利用分布がどう変わるのかを出力し、土地利用分布に対する評価指標を設けることで、定量比較出来る手段を検討した。交通選択や交通流等の模擬と、土地利用均衡の模擬は、基本的に応用都市経済モデル（上田 2010）に基づいて開発した。その上で、居住地に対する効用は、本研究では最初の検討として居住効用、移動効用の 2 種類から成り立つものとした。また居住効用と移動効用のどちらを重視するかで、土地利用分布がどう変わるかを模擬出来るようにした。移動効用の重要度の違いは、交通モーダルシフトに対する感度の大小を表すと共に、効用の想定が異なると、土地の利用がどの程度大きくずれるのかを模擬することに該当している。評価指標としては、対象都市内で人口分布にばらつきが出るかを調べる人口の偏差と、都心からどの程度離れたかを表す乖離度の 2 つの評価指標を取り入れた。シミュレーション実験では、仮想的な都市を想定し、上記重視の違いにより土地利用分布が変わることを確認した。さらにこれらの結果に対し感度解析を用いることで、評価結果の確からしさも確認した。

本研究の結果、次の 3 点を達成することが出来た。交通モーダルシフトの(1)事業性評価に対し、他の道路建設やロードプライシングと比較し、住民、自治体、交通事業者、全ステークホルダの点で施策効果が比較可能な成立性評価モデルを得ることが出来た。(2)土地利用に対し、移動効用を高くすることで、街並みが公共交通中心社会になっていくことをシミュレーションで確認すると共に、2 つの評価指標で土地利用分布の比較が視覚に頼らずに定量的に比較出来るような評価手段を得た。(3)事業性評価、土地利用評価について、主に自治体で集計した都市の統計情報のみで評価出来ることを確認した。本研究の貢献は、公共交通中心社会の推進・維持で民間資本の参画を容易化させるために、その第一歩として交通モーダルシフトの施策の事業性評価、および土地利用変化の事前評価が容易になったことと考える。一方で、本研究では事業者の費用や住民の効用のモデル化の際に前提をいくつか入れており、今後はそれらの詳細なモデル化を検討し、より細かい評価が行えるようにしていく。

目次

第1章	序論	7
1.1	研究の背景	7
1.2	本研究の目的	7
1.3	本論文の構成	8
第2章	公共交通中心社会と本研究の課題	9
2.1	公共交通中心社会とは	9
2.1.1	公共交通中心社会の定義	9
2.1.2	公共交通中心社会のこれまでの経緯	9
2.1.3	公共交通中心社会の事例	10
2.1.4	公共交通中心社会の主な施策	14
2.2	本研究で取り扱う対象と問題点	16
2.2.1	本研究で取り扱う対象都市	16
2.2.2	本研究の対象施策	18
2.2.3	本研究の適用場面	19
2.2.4	適用場面における問題点	21
2.3	先行研究の調査	22
2.3.1	交通モーダルシフトの評価研究	22
2.4	本研究の課題	26
第3章	交通事業者視点での評価方法	28
3.1	はじめに	28
3.2	交通モーダルシフト定量評価モデル	28
3.2.1	定量評価の前提条件	28
3.2.2	モデルの概要	29
3.2.3	交通流モデル	30
3.2.4	ロードプライシング反応モデル	32
3.2.5	交通モーダルシフト反応モデル	33
3.2.6	交通事業者モデル	34
3.2.7	便益計算	34
3.3	シミュレーション条件	36
3.3.1	シミュレーション検証期間, 検証時間帯	36
3.3.2	道路・交通量	36
3.3.3	公共交通	37
3.3.4	利用者数	37
3.3.5	道路建設	37

3.3.6	ロードプライシング	37
3.3.7	交通モーダルシフト	38
3.4	シミュレーション結果	39
3.4.1	車利用者便益	39
3.4.2	交通事業者便益	41
3.4.3	自治体便益	41
3.4.4	住民便益	42
3.4.5	全ステークホルダ便益	43
3.4.6	感度解析	43
3.5	考察	46
3.6	おわりに	47
第4章	土地利用視点での評価方法	48
4.1	はじめに	48
4.2	提案手法	48
4.2.1	地域のモデル化	48
4.2.2	均衡式	49
4.2.3	解法	52
4.2.4	評価指標	53
4.3	シミュレーション実験	54
4.3.1	対象地域	54
4.3.2	均衡式	55
4.4	シミュレーション結果	57
4.4.1	初期設定の場合	57
4.4.2	居住効用を重視した場合	58
4.4.3	移動効用を重視した場合	61
4.5	感度解析	64
4.6	考察	66
4.6.1	居住効用を重視する場合	66
4.6.2	移動効用を重視する場合	66
4.7	おわりに	67
第5章	結論	67
5.1	本研究の結論	68
5.2	今後の課題	69
	謝辞	71
	参考文献	72
	業績目録	77

第1章 序論

1.1 研究の背景

公共交通中心社会とは、鉄道やバス等の公共交通を整備し、公共交通の近辺に様々な施設を配置し、車の利用を抑え、公共交通と徒歩にて生活出来る街づくりを目指すものである。この公共交通中心社会によってもたらされるメリットとして、道路渋滞の緩和、大気汚染の減少、歩行者に優しい街、公共交通の利用促進&収入源確保、過密/スプロールの防止で適切な土地利用がある(Michael 2004)。車社会から公共交通中心社会への意識は、1990年代に道路渋滞による公害や、郊外のスプロール化による都心活力の低下などが問題となった米国で急速に高まり、コンセプトとして確立していった。米国ポートランド市では1980年代後半から郊外の土地の法規制(土地成長境界線)を整備したと共に、都心と郊外を結ぶLRT(Light Rail Transit)が整備された。結果1990年代に全地域の人口は2.6%増加したが使用された住宅地は26%減少した。また2000年までに車による移動や自家用車の保有は約半分に減少している(David 2008)。

こうした街づくりは従来国や自治体で都市計画を立て、施策を予算化して推進してきたが、今後国が成熟するにつれて税収が頭打ちになっていくこと、社会インフラも整備した規模だけ、老朽化対策が年々必要になっていくことから、これまでの国や自治体がすべて管理していくのは難しい時代になっていくと考えられる。そこで民間資本も参画し、街づくりや社会インフラの運営管理を進めていくことが求められる。本研究ではKlaassenの都市発展段階説における”郊外化”が進んできた都市を対象とし、公共交通中心社会の1つの施策である交通モーダルシフトに焦点をあてて、民間資本参画を踏まえた事前評価方法を検討する。

交通モーダルシフトに関する評価研究はいくつか行われているが(山崎 2005, 倉内 2005, Jennifer 2008, 山形 2011, 谷口 2011, Kuwahara 2013, Mansoureh 2013)、運営する交通事業者の立場で見た場合、事業として継続可能かという視点で評価はなされておらず、交通事業者視点での評価手段の実現が課題となっていた。また、交通モーダルシフトによって、公共交通中心社会が目指す土地利用に貢献出来るかについて、定量的な評価手段は提案されておらず、評価手段の実現が課題となっていた。

1.2 本研究の目的

本研究では、上記課題の交通事業者の事業性評価として、(1)交通事業者の投資対効果を費用便益として算出する定量評価モデルを構築すること、および(2)土地利用評価として、街並みが公共交通沿線に居住地が集まるようになるのか定量評価する評価手段を構築することを目的とした。また上記モデルや手段は多くの都市で使えるよう、(3)なるべく都市の統計情報のみで使用出来るものを目指すことも目的とした。

1.3 本論文の構成

以下、本論文の構成について説明する。第 2 章では、最初に公共交通中心社会の定義、事例について説明する。次に公共交通中心社会を実現させる施策の 1 つである交通モーダルシフトを対象施策とし、その評価を研究対象としていることを説明する。さらに交通モーダルシフトの評価に対する先行研究を述べた後、本研究では交通モーダルシフトの評価のうち、交通事業性の評価モデルと、土地利用の評価手段の実現を研究課題としたことを説明する。第 3 章では、交通モーダルシフトの交通事業性の評価手段として、他の交通渋滞緩和策（道路建設、ロードプライシング）を対象に、開発した交通事業性の評価モデルを説明する。またこの評価モデルに対し都市の統計情報を使い、交通モーダルシフトの事業性評価を行う。この時感度解析を用い、出力された評価結果の確からしさを検証する。第 4 章では、交通モーダルシフトによる土地利用の評価手段として、住民の効用変化による土地利用の違いを定量評価する評価手段の開発内容について説明する。またこの評価手段に対し、都市の統計情報を使い、土地利用評価を実施する。この土地利用評価に対しても、第 3 章の事業性評価と同様に、感度解析を用い、評価結果の確からしさを検証する。第 5 章では、本研究の結論と今後の課題について述べる。

第2章 公共交通中心社会と本研究の課題

2.1 公共交通中心社会とは

本節では公共交通中心社会の定義を最初に述べ、次に公共交通中心社会のこれまでの計について説明し、最後に典型例として米国ポートランド市の事例を紹介する。

2.1.1 公共交通中心社会の定義

公共交通中心社会とは、鉄道やバス等の公共交通を整備し、公共交通の近辺に様々な施設を配置し、車の利用を抑え、公共交通と徒歩にて生活出来る街づくりを目指すものであり、都市計画や交通計画での設計コンセプトの1つである。この公共交通中心社会によってもたらされるメリットとして、道路渋滞の緩和、大気汚染の減少、歩行者に優しい街、公共交通の利用促進&収入源確保、過密/スプロールの防止で適切な土地利用がある(Michael 2004)。公共交通としては、前述に挙げた鉄道やバス以外にも、路面電車や、LRT(Light Rail Transit)と呼ばれる大半は専用軌道上を走り一部区間は道路上を走行する交通機関、BRT(Bus Rapid Transit)と呼ばれる道路上に優先レーンを用意し走行する交通機関などが使われており、いずれも車利用を減らす目的で導入が進められている。

2.1.2 公共交通中心社会のこれまでの経緯

公共交通中心社会における公共交通と徒歩で生活するという考え方は、日本では1910年代の頃から既に行われていた(Takahashi 2009, 谷口 2009, 木内 2014)。当時、大阪府の梅田から兵庫県の宝塚の間の地域一帯は、沿線人口も少なく鉄道事業の成立が困難見られていた。しかし創業者の小林一三は、鉄道を建設すると共に沿線の宅地開発を進めていくことで、鉄道収入の安定化と不動産収入の両立が出来るのではないかと考えた。この頃大阪周辺は急速な人口増加により住環境の悪化が著しかったため、梅田―宝塚間の宅地は売れ、その結果鉄道事業を成功させた。また1960年代には、東京都の渋谷駅と神奈川県中央林間駅の間を結ぶ東急田園都市線が整備された。本開発では、郊外と都心を繋ぐ鉄道と幹線道路(国道246号線)を整備し、鉄道の駅ごとにバス網を整備し、徒歩+バス+鉄道で都心へ行き来出来る公共交通網が整備された。結果東急田園都市線沿線は鉄道事業、大規模な沿線開発の両面で成功を収めた。1990年代になり、米国では車社会による大気汚染や、土地開発のスプロール化による都心活力の低下・スラム化などが問題視されるようになり、公共交通を中心とした街づくりが注目されるようになった。この頃から米国内のポートランド市をはじめ、各都市で広く公共交通中心社会が検討されるようになっていく。欧州でも公共交通中心社会は、郊外に広がり過ぎた街を再び都心に集めるためのコンセプトとして検討が進められるようになった。LRTを中心とした街づくりの事例としてはフランスのストラスブール市(Vincent 2011,2014)が挙げられる。LRTとバス網と自転車交通で交通

手段の 70%を確保している事例としてドイツのフライブルグ市(村上 2014)が挙げられる。またアジアの新興国では経済発展に従い都市化が進む中で、激しい交通渋滞を緩和する方策として公共交通中心社会のコンセプトが注目されるようになっている(Yang 2008, Leh 2010)

2.1.3 公共交通中心社会の事例

ここで、公共交通中心社会の事例として最も代表的な米国のポートランド市の事例を紹介する。

米国オレゴン州ポートランド市は、太平洋に注ぐコロンビア川流域にある都市であり、古くから交通の要所として栄えている。人口は周辺都市を合わせて約 100 万人以上となっており、2020 年までにさらに 100 万人の増加が見込まれている。ポートランド市も 1960 年代までは車中心の生活形態となっており、都心の空洞化、都市のスプロール化が進んでいたが、1979 年に土地成長境界線が作られて都市のスプロール化を抑制するようになった。その後、土地利用原則と公共交通利用の交通原則の策定、オレゴン州とポートランド市の都市計画の橋渡しとしてポートランド市周辺地域都市計画策定機関の設置(Metro)が行われ、自治体が主導する街づくりが行われるようになった。この結果、以下の結果を得ることが出来ている(David 2008)。

- ・ 1990 年代に人口は 26%増加したが、土地面積は 8%の上昇にとどまる
- ・ 1999～2000 年に全地域人口が 2.6%増加したが、使用された住宅地は 26%減少
- ・ 1990～2000 年までに車による移動や自家用車の保有は約半分に減少
- ・ 1990～2000 年にかけて、公共交通周辺の居住者は全人口の 23%から 28%に拡大

図 2-1 は Metro が策定した 2040 年までのポートランド市周辺の土地利用・交通計画の概要図である。図中線状になっているのが LRT 等の公共交通機関であり，駅周辺に円状に色分けされている部分が，土地利用計画となっている。また市街と郊外は明確に土地成長境界線で分けられていることが分かる。

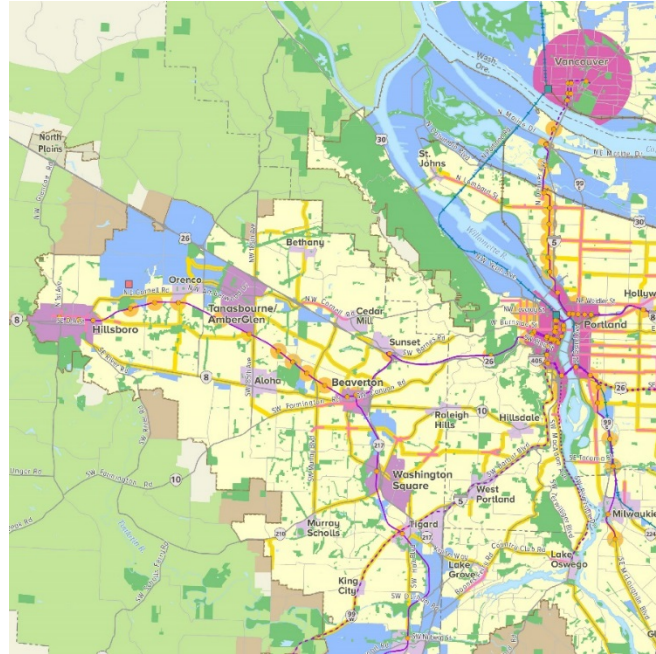


図 2-1 ポートランド市周辺の土地利用・交通計画

(引用元：オレゴン州 Metro HP <http://www.oregonmetro.gov/2040-growth-concept>)

ここで，本研究で取り扱う公共交通について述べる。(井上 2010)によると，ポートランド市では，1980 年代から公共交通の整備を進めてきており，1986 年にはポートランド市と郊外や周辺都市を結ぶ MAX と呼ばれる LRT が整備された。さらに 2001 年には路面電車がポートランド市の Pearl 地区に導入されている。図 2-2 はポートランド市周辺の LRT 導入状況を表している。黒線が現在の営業路線を示しており，ポートランド市周辺を横断するように張られている。また右下のスケールが 4 マイルを示していることから分かるように，LRT だけで全ての地域が徒歩圏内となっている訳ではないことが推測出来る。

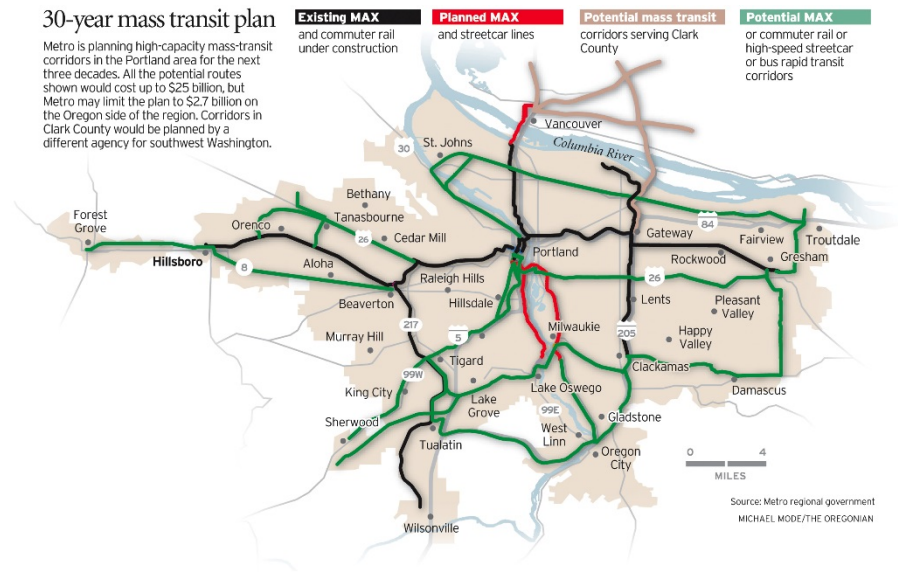


図 2-2 ポートランド市周辺の LRT 導入状況

(引用元:OREGONLIVE HP)

http://www.oregonlive.com/news/index.ssf/2009/04/portland_maps_out_maxs_future.html

図 2-3 はポートランド市街を走る路面電車の路線図を表している。左側中央はポートランド市のダウンタウンを示しており、その下にはポートランド州立大学が、上側には後述の Pearl 地区とチャイナタウンがある。また川を挟んで右側下半分は産業地区となっており、路面電車はこれら地区を周回するように運行している。本図で約 2～3 区画ごとに停留所が設けられていることが分かるが、本図周辺の 1 区画は大よそ 80m 程度であるため、160～240m ごとに停留所があることになり、ほとんど歩かずに済む交通機関が提供されている様子がうかがえる。

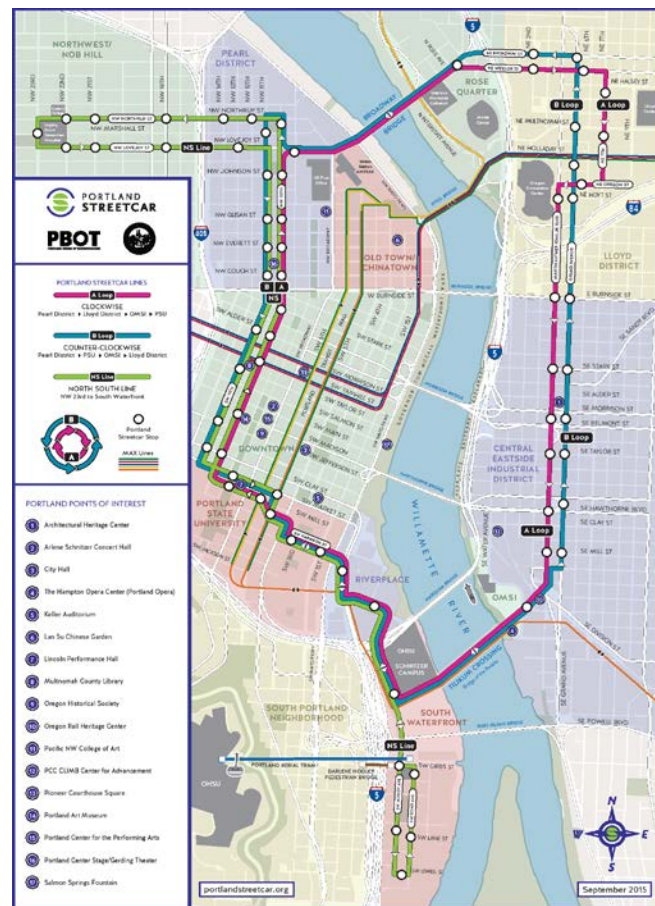


図 2-3 ポートランド市の路面電車導入状況

(引用元：Portland Streetcar <http://portlandstreetcar.org/node/4>)

またポートランド市では、公共交通以外でも数多くの施策を行っている。(David 2008)によると、街づくりとして他に以下の取組みを挙げている。

- ・都市成長境界線の維持・更新
- ・歩いて暮らせるコンパクトな街づくり

(学校、小売店、職場、娯楽施設の公共交通機関周辺への建設)

- ・ゴミの減量・リサイクルの増加
- ・自然地域の保護、大気・水質汚染の防止
- ・LEED(環境性能評価システム)対応のビル建設

一方でポートランド市のこれら取組みに対し、有効に機能していない場合があるという報告もある。

(Jennifer 2008)は、ポートランド市の4つのLRTに近い区域を選択し、それぞれの住宅面積、住宅価格、家族構成、家族の年代/性別構成、車保有台数について調査した。その結果、ポートランド市でも必ずしも満足した生活を送っているとは言えないことを報告している。周辺都市よりもポートランド市の世帯数は小さく、子供を持たない家族が比較的多いことが示された。また公共交通利用については、駅のアクセスのよさや、周辺駐車場の料金で利用率が異なり、想定通りに使えていない可能性を示している。

(西浦 2013)によると、土地利用の規制については、2004年に法案37「何らかの土地利用規制が土地の価値を低減させた場合、政府は土地利用者に補償するか、規制を控えなければならない」と定めた。しかし土地利用者に補償する財源確保の難しさから、現在は補償金よりも規制撤廃が多く行われており、必ずしも計画通りに土地利用が行われている訳ではないことを伝えている。

以上をまとめるとポートランド市の事例では、主に(1)土地成長境界線の策定、(2)土地利用原則と公共交通利用の交通原則の策定、(3)オレゴン州、ポートランド市それぞれの都市計画と、その間のポートランド市周辺地域都市計画策定機関(Metro)の設置、が主な取組みである。(2)の公共交通利用については、1980年代からLRT、路面電車の整備を進め、車を使わないで歩いて行ける街づくりが行われている。それらの結果、2000年までに車の利用や自動車保有は約半分に減少し、公共交通周辺の居住者は全人口の23%から28%に拡大していることが判明している。

2.1.4 公共交通中心社会の主な施策

ここで公共交通中心社会の実現に向けて行われる、主な施策について改めて整理する。(北島 2015)によると、公共交通中心社会の構成要素は、高度な開発、混合用途、パブリックスペース、歩行環境、公共交通への近接性、マルチモーダルの6つであると分析している。本項ではこの6つの構成要素に対し、(中村 1998, Michael 2004, David 2008, GAO2009, Abigail 2011)の調査結果に基づき、主な施策をまとめた。その結果を表2-1に示す。

表 2-1 公共交通中心社会に対する主な施策

	ハード施策	ソフト施策
高密度な開発	・土地有効利用のための高層化	・都市成長境界線の策定 ・境界線内での土地利用規制推進 ・自治体による土地確保 ・各種建物規制の策定
混合用途	・多目的建築物の構築 ・マンションと小売店 ・オフィスとマンション ・ホテルとオフィス	・多目的構造物への移転補助制度 ・企業誘致
パブリックスペース	・広場の整備 ・魅力向上のための空間設備整備 ・プロムナード、モール、アトリウム等	・活用法に関する住民との合意形成
歩行環境	・学校、小売店、職場、娯楽施設等の 駅周辺の建設	・住民に対するエコ教育
公共交通への近接性	・LRT、路面電車の敷設 ・接続するバス網の整備 ・駅周辺の住宅供給	・郊外への居住規制
マルチモーダル	・公共交通網、および交通機関の連携 部のサポート ・駅周辺の駐車場の設備 ・交通機関の接続環境整備	・公共交通利用のインセンティブ提供 (交通モーダルシフト)

高密度な開発：

高度な開発では、将来の都市発展も考えた上での有効な土地利用を目指している。ハード施策としては、建物の高層化が挙げられる。ソフト施策としては都市成長境界線、土地利用規制、建物規制などの法整備や、自治体による空き地などの土地確保の政策がある。

混合用途：

混合用途では、車の移動量を減らすこと、一回の移動でいくつかの目的を果たせる利便性を向上させることを目指している。そのためのハード施策としては多目的建造物の構築が挙げられる。具体的には1つの建物でマンションと小売店が同居しマンション住民の利便性を向上させる、オフィスとマンションが同居して職住近接を実現する、ホテルとオフィスが同居し出張での一時滞在を容易化させる、などがある。またソフト施策としては、建設した多目的構造物への移転に関する補助制度がある。

パブリックスペース：

パブリックスペースでは快適で魅力ある街を演出させるための空間整備を目指している。ハード施策としては快適性を向上させるための広場の整備、および街の魅力向上のための空間設備の整備が挙げられる。ソフト施策としては、これらパブリックスペースをより良くするための、住民のとの意見交換・合意形成がある。

歩行環境：

歩行環境では、車を利用しなくても済む街づくりを目指しており、ハード施策としては学校、小売店、病院、娯楽施設等の駅周辺の建設が挙げられる。ソフト施策としては住民に対するエコ教育があり、遠くない場所へは車を利用しない意識の醸成が行われている。歩行環境のソフト施策については、渋滞緩和の施策と重なるところが多く、例えばモビリティ・マネジメント（藤井 2008a, 2008b）が挙げられる。

公共交通の近接性：

公共交通の近接性では、住民の多くが公共交通近辺に住める街づくりを目指しており、ハード施策としては LRT、路面電車等の敷設、接続するバス網の整備、駅周辺の住宅供給などが挙げられる。ソフト施策としては郊外への居住規制がある。

マルチモーダル：

マルチモーダルでは、車、公共交通が用途・場所によって適切に選択し、車社会で引き起こされてきた交通渋滞、大気汚染の抑制を目指している。ハード施策としては、公共交通網の整備、公共交通の乗換え環境の整備、駅周辺の駐車場の整備が挙げられる。ソフト施策としては、公共交通により乗ってもらうためのインセンティブ提供（交通モーダルシフト）が挙げられる。

以上述べたとおり、公共交通中心社会を目指すための施策は主なものでも多くあることが分かる。

2.2 本研究で取り扱う対象と問題点

2.1 節では公共交通中心社会の典型例であるポートランド市の事例を取り上げた。また他の複数の事例に基づき、公共交通中心社会で実施する主な施策についてまとめて説明した。これら施策は、対象とする都市の状況に応じて適宜適用を行っており、都市によって様々な運用がなされている。そのためどのような対象を研究として取り扱うか、規定する必要がある。そこで本節では、本研究で取り扱う対象都市、対象施策、適用場面を定義し、その対象における問題点について説明する。

2.2.1 本研究で取り扱う対象都市

2.1.3 項で述べた通り、ポートランド市では自治体が都市計画を策定し、違反者には課金等も行いながら、都市計画に沿った街づくりが行われてきた。このように従来街づくりは国や自治体を中心となって都市計画を立て、施策を予算化して推進してきた。しかし今後国や都市が成熟するにつれて税収が頭打ちになっていくことが予想される。日本でも

2008 年の 1 億 2808 万人をピークに人口減少に転じ、今後も人口減少が続き税収が頭打ちになることが予想されている（国土交通省 2013）。また社会インフラも整備した分、年々の老朽化対策が増えていくが予想される。従ってこれまでのように国や自治体がすべて管理していくには予算面で難しい時代になっていくと考えられる。実際にポートランド市の事例においても、（西浦 2013）が土地利用規制に対し、推進するための財源確保が問題になっていることを報告している。そこで国や自治体だけでなく、民間資本も参画し、街づくりや町の運営を進めていくことが求められる。日本でも人口減少が続き、国や自治体の事業に民間資本参画を容易化するための制度作りが進められている（内閣府 2014, 国土交通省総合政策局 2014）。そのため公共交通中心社会においても、今後は国、自治体、民間での協力体制のもと、街づくりや社会インフラの運営が行われるようになっていくと考えられる。

こうした民間資本参画が必要となる都市はどういうものか、Klaassen の都市発展段階説にて説明を試みる。図 2-4 は Klaassen の都市発展段階説の概略を図示したものである。Klaassen では都市のライフサイクルとして、都市化、郊外化、逆都市化、再都市化の 4 段階であり、それぞれの段階にさらに 2 ステップずつの詳細な段階があると説明している。都市化の段階では最初に都心への人口流入が始まり（1.絶対的集中）、やがて都心の人口密度が高まると郊外への人口流入が始まる（2.相対的集中）。次に郊外化の段階では都心への人口流入が弱まる一方で郊外への人口流入が強まっていき（3.相対的分散）、やがて都心への人口流入は無くなって郊外への人口流入のみとなる（4.絶対的分散）。逆都市化の段階では都心からの人口流出が始まり（5.絶対的分散）、やがて郊外からも人口流出が発生する（6.相対的分散）。この時に再開発が行われることで都心の人口流出が弱まり（7.相対的集中）、やがて都心は再び人口流入へと移行する（8.絶対的集中）。

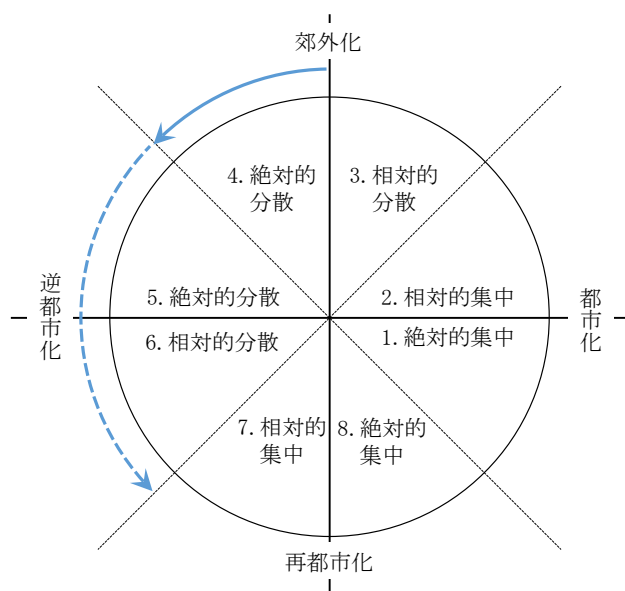


図 2-4 Klaassen の都市発展段階説と、本研究で取り扱う都市の段階
（（小林 2014）の解説図を参考に筆者補足）

本研究で取り扱う都市の段階は図 2-4 の矢印の部分である、郊外化の段階のうち「4.絶対的分散」のステップとする。前述の通りこのステップでは、郊外化が進展している中で都心への人口流入は無くなり、郊外のみ人口流入が発生している状況である。言い換えると、「都心の成長が止まり今後都心の空洞化が懸念される中で、公共交通の利活用によって都心の再活性化が必要な都市」、を対象とする。公共交通の利活用で早期に対策をうつことで、この郊外化の段階から逆都市化の段階を最小限にし、再都市化へ早期に移行することを狙いとする。

なお、本研究で対象外とした都市について少し述べる。

原野に新規に構築する都市：

上記 Klaassen の都市発展段階説では、都市化の 1.絶対的集中のステップに該当する。本ステップでも将来の交通渋滞抑制や、地球環境負荷低減の観点から公共交通中心社会のコンセプトが検討対象に挙がることも多い。ただしこの場合は、現住民がほとんどいないため、本研究で取り扱う車から公共交通への移行施策や、駅近郊への移転といった議論にはなりにくい。

都心の再開発を行う都市：

上記 Klaassen の都市発展段階説では、再都市化の 7.相対的集中のステップに該当する。本ステップでも公共交通中心社会のコンセプトが検討対象に挙がることも多い。ただしこの場合は、郊外から都心への人のアクセス改善、都心の魅力ある施設作りといった、都市再開発に関するものが多い、本研究で取り扱う車から公共交通への移行施策、といった議論にはなりにくい。

2.2.2 本研究の対象施策

前述の図 2-4 における、郊外化の 4.絶対的分散のステップにおいても、公共交通中心社会成立に向けていくつか施策は考えられるが、本研究で対象とする施策は、公共交通への移行施策とする。具体的には車中心の生活から公共交通を利用する生活に移行させるための、交通モーダルシフトについて取り扱うものとする。交通モーダルシフトでは、公共交通の利用に対しインセンティブをポイントという形で提供することが多く試みられており、本研究でも公共交通利用時にポイント提供を行うものと規定する。図 2-5 は交通モーダルシフトの概要を示している。利用者が移動使用とした際に、最初にどの交通機関に乗るか交通選択を実施する。その際に交通モーダルシフトでは、公共交通を利用した場合の(1)移動ポイントの案内を実施する。利用者は移動ポイントの案内を確認して、車を利用するか公共交通を利用するか選択を行う。次に実際に公共交通を利用した場合には、利用実績に

に基づき(2)移動ポイントの付与を実施する。なお近年利用者の交通選択公共交通の利用実績に基づいて(3)交通事業者のダイヤ変更を日々の運行業務の中で実施することも検討されている（Kuwahara 2013）。

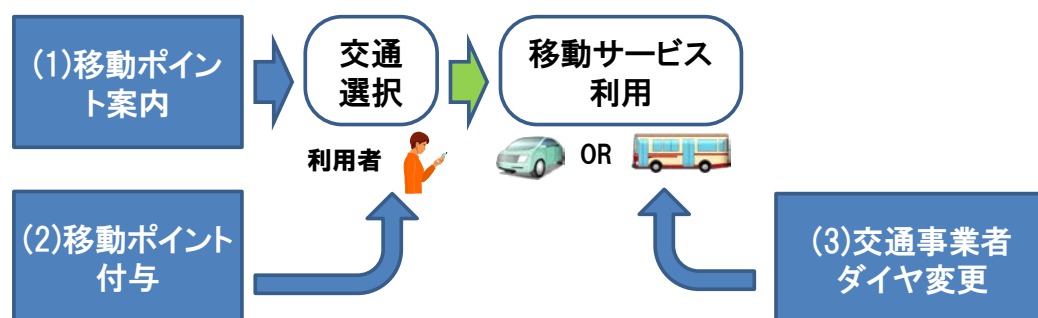


図 2-5 交通モーダルシフトの概要

図右側に交通事業者のダイヤ変更があるが、これは図左側にある移動ポイント案内や移動ポイント付与のサービスでの利用者の履歴情報を使い、交通利用の増減を見ながら現在以降のダイヤを決めている。厳密には交通モーダルシフトではないが、移動需要を把握した上でバス運行を行う試みはいくつか存在し、日本の研究としては（大和 2007）があり、海外の研究としては英国の事例について（寺田 2014）にて纏めている。ICT(Information and Communication Technologies)が普及するにつれて、こうした試みは広く普及していくものと思われるため、本研究では(Kuwahara 2013)の交通モーダルシフトを基準とし、交通モーダルシフトを対象施策と定める。この交通モーダルシフトにおいて、公共交通中心社会への貢献を評価することを検討する。

交通モーダルシフトについては、移動ポイント付与を常に行い続けなければならない、通常の公共交通の運営に加えて、移動ポイント付与分のコストを負担しなければならないという問題がある。更に交通事業者がダイヤ変更を行って増便をした場合には、その分の燃料代等のコストも上昇する。公共交通の利便性が向上する分利用者が増え、運賃収入は増加する可能性があるが、コスト上昇がどの程度事業に影響するか、評価しておく必要がある。また、交通モーダルシフトによって公共交通の利便性が向上すれば、公共交通の利用者は増え、駅やバス停付近の小売店の売上げは増加し、生活空間として魅力が向上すれば、やがて沿線に移転する人が増え、公共交通中心社会が目指す土地利用になっていくものと考えられる。しかし本当に望ましい土地利用になるのかは、裏付けが必要である。

2.2.3 本研究の適用場面

本研究の適用場面を図 2-6 に示す。ロール（役割）を人型で表している。ロールは提案者と自治体であるが、自治体はさらに交通局と都市計画局の2つのロールがあるものとする。またそれぞれのロール間の業務を矢印で示しており、本研究の適用場面を濃い矢印で

表している。以下、本図を用い、業務の流れを説明する。

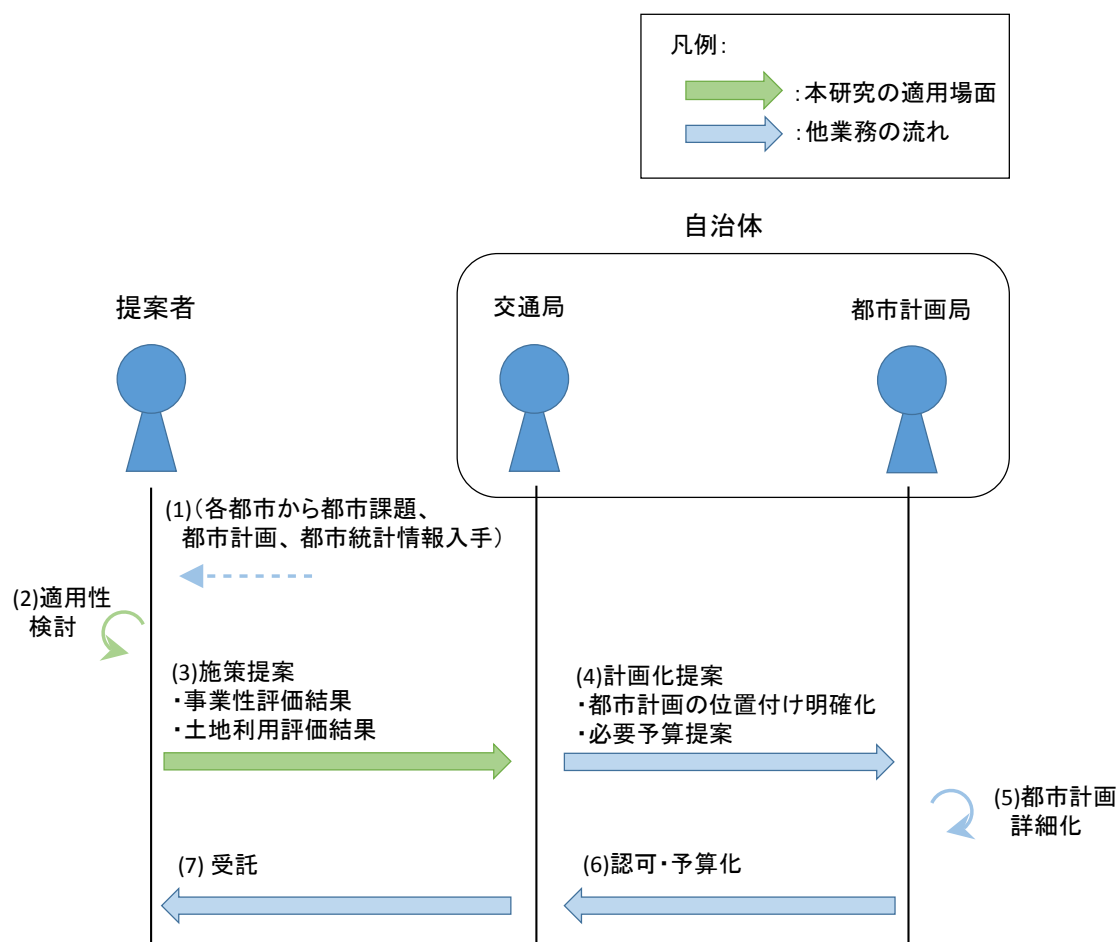


図 2-6 本研究の適用場面

最初に提案者がいくつかの都市から都市課題、都市計画や、都市統計情報を入手し(1), 対象の都市で公共交通中心社会を志向しているか、交通モーダルシフトで都市課題を解決し、都市計画が達成される可能性があるか、(2)適用性検討を行う。適用性があると判明した都市に対しては、さらに検討を重ねて(3)施策提案を行う。ここで施策提案の際に必要なのは、提案施策の事業性評価結果と土地利用評価結果になる。交通局に対し施策の事業性として、まず交通事業として成立することを説明した上で、都市の各ステークホルダーに対し、どのような影響が出るのかも合わせて説明する。また都市計画局に対し、この提案で土地利用への変化があることも事前に確認し、提案する。交通局側では、受け取った施策提案をもとに施策の(4)計画化提案を都市計画局の都市計画に対し、実施手段の検討という位置づけで、提案を行う。ここで必要となるのは元々の都市計画の位置づけ明確化と、必要予算額となる。都市計画局では実施手段を踏まえた(5)都市計画の詳細化を検討し、都市計画の実現手段として望ましいと判断した場合には、(6)認可・予算化を行っていく。交通局は予算化を受けて、提案者に適宜、施策の実現手段の(7)受託を行っていく。

この中で本研究の適用場面としては、(2)適用性検討、(3)施策提案が該当する。以下では、これらの場面における課題について説明する。

2.2.4 適用場面における問題点

適用場面における問題点を表 2-2 に示す。以下それぞれの適用場面に対する問題点を説明する。

表 2-2 適用場面における問題点

適用場面	内容	適用場面における問題点
(2)適用性検討	いくつかの都市について、入手した都市計画や、都市の統計情報に基づき、交通モーダルシフトが、都市課題、都市計画に適合しているかを判断する	■統計情報に基づいた判断 都市によって入手可能な情報の粒度が異なるため、出来る限りどの都市でも得られるような統計情報に基づいて、判断出来るようにする
(3)施策提案	交通局に対し施策の事業性評価結果、土地利用評価結果を定量的に説明し、施策提案を行う	■事業性評価 交通局および都市計画局それぞれに施策効果を説明出来るようにする。特に交通事業者として、事業性を説明出来るようにする ■土地利用評価 特に公共交通中心社会として、街並みが公共交通を中心としたものになることを説明出来るようにする

(2)適用性検討の場面では、提案候補となる都市を探すために、いくつかの都市について、入手した都市課題・都市計画の情報や、都市の統計情報に基づき、車から公共交通への移行施策をすることで、元々の都市課題の解消や、都市計画の達成がなされるかを判断する必要がある。その場合には、車から公共交通への移行施策をモデル化しておいて、モデルの出力結果で判断することになるが、課題としては入力となる都市の情報の粒度が同じとは限らないため、出来る限りどの都市でも簡単に得られるような統計情報に基づいて、判断する必要がある。

また(3)施策提案の場面では、交通局に対しては交通事業としての事業性評価を説明し、同時に都市計画局に向けて、土地利用に対する貢献の評価結果を説明していく必要がある。この場面でも(2)で検討したモデルを基に、交通局側からのリクエストに応じながら、様々なシナリオでの効果を求めていく必要があるが、事業性評価として、地域内の主要なステークホルダ（住民、交通事業者、自治体）に対し評価出来るようにしておくことが必要である。また、主に都市計画局に向けては土地利用の観点からも、公共交通中心社会を目指していくには、効果的な土地利用を行う必要があり、提案施策によって土地利用がどの様に変化するかを示していく必要がある。特にスプロールについては（谷口 2014）が指摘する通り、移動が不便だけでなく、将来の街の維持更新により多くのコストがかかるようになり、避けるべき問題と考えられている。

2.3 先行研究の調査

2.3.1 交通モーダルシフトの評価研究

交通モーダルシフトの評価研究については、交通モーダルシフトの施策に対する事業性評価研究と、交通モーダルシフトによる土地利用変化の評価研究がある。以下それぞれ研究の特徴を述べる。なお下記で紹介している研究タイトルは、交通モーダルシフトに対する実施内容を明確にするため、論文内容から筆者がつけたものである。正確なタイトルについては参考文献の参照をお願いする。

2.3.1.1. 事業性評価の研究

最初に交通モーダルシフトに対する事業性評価の先行研究について説明する。表 2-3 は交通モーダルシフトに対する事業性評価の先行研究一覧を示している。

表 2-3 交通モーダルシフトに対する事業性評価の先行研究一覧

	交通モーダルシフトの CO2削減評価 (山崎 2005)	交通モーダルシフトに 対する行動感度評価 (倉内 2005)	交通モーダルシフトと 土地利用の関係評価 (谷口 2011)	交通モーダルシフトの CO2削減評価 (Kuwahara 2013)
目的	交通モーダルシフトの CO2削減効果を定量化	ポイント提供による交 通モーダルシフトの感 度評価	交通モーダルシフトと CO2削減効果定量化	需要に応じた増便での 公共交通利用者増と CO2削減効果
手法	応用都市経済モデル	アンケート分析	・エージェントシミュ レーション ・土地利用モデル	交通ネットワークシミュ レーション
対象	首都圏道路網、鉄道網	名古屋圏	仮想地域	豊田市
評価内容	CO2削減量	ポイントに対する感度	・CO2削減量、自宅から 駅の車利用も考慮 ・土地の広がり	CO2削減量
成果	交通モーダルシフトの CO2削減量を評価	ポイント提供と、その他 の施策との効果を比較	車から公共交通への 移行率を変化させた時 の土地の広がり、 CO2削減量を評価	交通モーダルシフトに よる豊田市内交通全 体のCO2削減量を評価
課題	運賃を半額と仮定、交 通事業の持続性は評 価せず	事業性は直接評価せ ず、感度のみ出力	交通事業の持続性は 評価せず	交通事業の持続性は 評価せず

交通モーダルシフトの CO2 削減評価（山崎 2005）：

京都議定書の CO2 排出量削減目標を達成するため、交通量削減による CO2 排出量削減効果を定量化するモデルを開発した。基本的には応用都市経済モデルを用いている。応用都市経済モデルは土地の市場取引による土地利用の均衡のモデルと、交通の分担交通（どの交通手段を使うか）、配分交通（どの経路を使うか）の均衡のモデルを組合せ、都市としての均衡解を出すモデルである。本モデルに対し、東京首都圏をゾーンで区切り、ゾーンごとの交通ネットワーク、土地利用状況を入力として、交通モーダルシフトによる車交通量の

減少、公共交通の乗車率の上昇を模擬し、CO2 排出量を算出している。CO2 排出量は交通モーダルシフトを行わない場合も計算し、削減効果を比較している。また交通モーダルシフトによる交通事業者の運賃収入の増減も行っているが、利用者増に対し公共交通で輸送しきれているかはモデルに組み込んでいないため、交通事業としての継続性は不明である。

交通モーダルシフトに対する行動感度評価（倉内 2005）：

交通渋滞を緩和するために公共交通の利用促進が必要であるが、車から公共交通への移行を促すためのポイント提供については、どの程度の効果があるのか不明であった。そのため市民へのアンケートを行い、結果を分析することで、ポイント提供に対する効果を推定した。その結果、社会実験に参加する人ほど環境意識が高まり、車利用を自粛し、交通モーダルシフトとなる傾向が見られた。また特定施設でポイント獲得する人は、ポイント収集性向がさらに高まり、交通モーダルシフトが持続する可能性があること確認している。一方で、ポイントのコスト負担については言及しておらず、事業としての継続性は評価していない。

交通モーダルシフトと土地利用の関係評価（谷口 2011）：

公共交通の利用促進による CO2 削減効果を評価する際に、居住地選択で駅から遠く離れた場合は車利用が多くなるということも模擬して CO2 削減効果を評価した。基本的にエージェントシミュレーションを用いており、エージェントは居住者とし、交通移動と居住コストをもとに居住地を変えていく、という模擬を行っている。なお、エージェントのモデル化の際に、個々の居住者の特徴をモデル化していくのは困難なことから、予測することよりもシミュレーションによって構造的な特徴を捉えようとして、モデル開発を行っている。シミュレーションとしては、車から公共交通への移行率、およびガソリン価格を入力として、交通手段の選択結果から CO2 削減量をグラフに、居住地の傾向を簡易的な 2 次元マップ上で可視化している。車から公共交通にどの様にして移行させるかは議論しておらず、交通事業としての評価はなされていない。

交通モーダルシフトの CO2 削減評価（Kuwahara 2013）：

ICT(Information and Communication Technology)の発達により、公共交通や移動者の状況を常に把握し、それぞれに働きかけることでより公共交通の利用を促進させる新しいモーダルシフトを提案している。具体的には、CO2 排出量を下げるために公共交通を勧める案内をスマートフォンで提供する一方で、利用者が公共交通に多く集まる場合に臨時便を出す施策を述べている。この交通モーダルシフトでどの程度 CO2 排出量の削減が可能なのか、道路と鉄道の交通シミュレーションを使って評価実験を行っている。CO2 排出削減量は評価したものの、交通モーダルシフトに対する費用については議論しておらず、交通事業としての評価はなされていない。

以上まとめると、これらの研究ではいずれも都市全体の課題（例えば CO2 削減目標）に対し、交通モーダルシフトがどの程度貢献するかを明らかにし、それを施策の事業性評価としている。都市計画局が都市計画の評価としては有効であるが、前述の本研究の適用場面で述べたような、交通局が検討する場合には、交通事業者の事業性評価が別途必要となる。

2.3.1.2. 土地利用評価の研究

次に、交通モーダルシフトに対する土地利用の評価研究状況を説明する。表 2-4 は交通モーダルシフトに対する、土地利用の評価研究の一覧を示している。

表 2-4 交通モーダルシフトに対する、土地利用の評価研究

	土地利用評価 (Dill 2008)	土地利用シナリオ分析 (山形 2011)	交通モーダルシフトと土 地利用の関係評価 (谷口 2011)	駅周辺の 土地利用評価 (Jeihani 2013)
目的	LRT導入後の土地利用 状況の評価	車利用禁止、車利用無 制限のシナリオで、土地 利用変化を評価	交通モーダルシフトと CO2削減効果定量化	駅周辺とそれ以外での 土地利用状況の違いを 評価
手法	都市統計情報分析	応用都市経済モデル	・エージェントシミュレ ーション ・土地利用モデル	・都市統計情報分析 ・公共交通中心社会の 土地判定指標定義
対象	米国Portland	東京首都圏	仮想地域	米国Portland
評価内容	敷地面積、人口密度、 家族構成	土地利用分布	・CO2削減量。自宅から 駅の車利用も考慮 ・土地の広がり	・一人辺り移動距離 ・各交通選択率
成果	駅周辺の住居は敷地面 積が小さく、子供が無い 家庭が多いことを確認	各シナリオで土地利用 の違いが出ることを確 認	車から公共交通への移 行率を変化させたときの 土地の広がり、 CO2削減量を評価	駅周辺とそれ以外で移 動距離、交通選択率に 違いがあることを確認
課題	事後評価手法であり、 事前評価は困難	土地利用分布は可視化 のみ、定量評価せず	土地利用分布は可視化 のみ、定量評価せず	事後評価手法であり、 事前評価は困難

土地利用評価（Jennifer 2008）：

ポートランド市の4つのLRTに近い区域を選択し、ポートランド市の都市統計情報を参考に、それぞれの住宅面積、住宅価格、家族構成、家族の年代/性別構成、車保有台数について調査した。その結果、ポートランド市でも必ずしも満足した生活を送っているとは言えないことを報告している。周辺都市よりもポートランド市の世帯数は小さく、子供を持たない家族が比較的多いことが示された。また公共交通利用については、駅のアクセスのよさや、周辺駐車場の料金で利用率が異なることを示している。(Jennifer 2008)の調査は詳細な分析であるものの、都市の計測データからの事後評価手法であり、本研究対象としている都市計画反映のための事前評価手法として使うことは難しい。

土地利用シナリオ分析（山形 2011）：

東京首都圏を対象に、現状、車利用を禁止した場合、車を無制限に使える（燃料代がかからない）とした場合の3つのシナリオを想定し、土地の利用分布がどの程度変わるかをシミュレーション評価した。基本的には応用都市経済モデルを参考に、土地均衡と移動所要時間から、転居先を模擬している。なお、(山形 2011)では交通渋滞の影響は考慮対象外としている。シミュレーション出力は東京首都圏地図上に、住宅の密集状況を出している。3つのシナリオの出力結果を確認すると、土地の利用分布に明確な違いが出ることを目視で確認した。しかしながら、この目視結果がどの程度異なっているか、数値での表現は試みしていない。

交通モーダルシフトと土地利用の関係評価（谷口 2011）：

前述の交通モーダルシフトの事業性評価の研究でも取り上げた研究事例である。(谷口 2011)では、居住地選択を模擬に入れており、その居住地の傾向を簡易的な2次元マップ上で可視化している。しかし2次元マップ上で表示しているにとどまっており、それがどの程度なのか定量評価する評価手段は用意していない。

駅周辺の土地利用評価（Mansoureh 2013）：

家計に占める居住コストと交通費の割合や、人口密度、および土地利用の多様性をエントロピーで数値化したもので、地域全体の平均値よりも高い(もしくは低い)地域を公共交通中心社会の地域と規定する判定基準を提案した。また都市の統計データをもとにワシントンとボルチモアでは、公共中心社会の地域とそうでない地域で、移動距離、各交通手段での移動時間、家のサイズや収入に違いが出ることを確認した。この結果を踏まえ、公共交通中心社会でない地域を公共交通中心社会化していくことで、より快適な都市になっていくと予測出来るとしている。

以上の通り土地利用については、土地利用の詳細情報を入手した上で評価する、施策の事後評価の研究が見られるが、本研究の適用場面のような事前評価の場合は、そのまま適用することは難しい。事後評価としては（山形 2011）および(谷口 2011)が挙げられる。しかし、いずれの研究においても土地利用状況を分布の見た目で判断している。定量的な評価を行っていないため、条件を変えて土地利用状況を予測しても、それがどの程度良くなったのかは、容易には判断出来ておらず、定量的に比較出来る仕組みが必要である。

2.4 本研究の課題

以上述べた本研究で取り扱う対象と問題点、先行研究の調査に基づき、本研究の課題を説明する。表 2-5 は本研究の課題を表にまとめたものである。本研究では事業性評価、土地利用評価、統計情報に基づいた判断の 3 つの課題を定めている。以下、それぞれの課題について詳細に説明する。

表 2-5 本研究の課題

適用場面における問題点	本研究の課題
■事業性評価 交通局および都市計画局それぞれに施策効果を説明出来るようにする。特に交通事業者として、事業性を説明出来るようにする	(1)事業性評価 交通モーダルシフトの事業性を、住民、自治体、交通事業者、およびこれらステークホルダ全体で定量比較出来るように、それぞれの費用便益として定量評価するモデルを構築する
■土地利用評価 特に公共交通中心社会として、街並みが公共交通を中心としたものになることを説明出来るようにする	(2)土地利用評価 交通モーダルシフトによって、土地利用が公共交通を中心としたものに変化し得るか比較評価出来るような、定量評価手段を構築する
■統計情報に基づいた判断 都市によって入手可能な情報の粒度が異なるため、出来る限りどの都市でも得られるような統計情報に基づいて、判断出来るようにする	(3)統計情報に基づいた判断 交通モーダルシフトの効果について、多くの都市で容易に得られる統計情報に基づいて、事前評価出来るようにする

(1)事業性評価

本研究では交通モーダルシフトに焦点をあて、交通モーダルシフトの事業性の定量評価モデルを構築する。さらに本モデルにおいては、交通事業者だけでなく、住民、自治体、およびこれらステークホルダ全体で費用便益として定量評価出来るモデルを構築する。交通事業者、住民、自治体、ステークホルダ全体で定量評価出来るようにすることで、民間投資の判断が可能になることに加え、交通局、都市計画局でも事業性に了解出来るようにする。また費用便益として定量化することで、他の施策についても同様に費用便益を算出することで、定量比較出来るようにする。

(2)土地利用評価

土地利用評価でも同様に本研究では交通モーダルシフトに焦点をあて、交通モーダルシフトによって、土地利用が公共交通を中心とした街並みに変わるかを定量評価する評価手段を構築する。街並みの変化を定量評価出来るようにすることで、従来土地利用分布を見た目で判断していたところを、自動的に定量比較出来るようにし、よりよい施策の状態を見つけやすくする。

(3)統計情報に基づいた判断

交通モーダルシフトの効果について，なるべく多くの都市で容易に得られる統計情報に基づいて，事前評価出来るようにする．都市の統計情報とは例えば，都市の人口，人口密度や，幹線道路の平均速度などである．なるべく多くの都市で統計局がまとめるような統計情報で評価出来るようにすることで，複数の提案候補都市から，絞り込むことが容易になる．またある程度事前に事業性を評価出来るようにしておくことで，民間資本による参画の成功確度を高めるようにする．

以上述べた本研究の課題に基づき，第 3 章章では主に事業者視点での評価方法として，交通モーダルシフト事業性評価のモデルを構築し，そのモデルが統計情報のみで評価可能かを検証する．また第 4 章章では主に土地利用視点での評価方法として，交通モーダルシフトによる住民の移転をモデル化し，モデル化で得られる地域内の人口分布に対する評価指標を導入する．またこれらモデルや評価指標が統計情報のみで評価可能かを検証する．以下，次章からはそれぞれの結果について報告する．

第3章 交通事業者視点での評価方法

3.1 はじめに

第2章で述べた通り交通モーダルシフトについての評価研究はいくつか行われてきたが、事業性としてみた際に、他の施策とどの程度優れているのか、交通事業者や自治体で維持出来る施策となっているのか、比較する方法は提供されていなかった。そこで本研究では、交通モーダルシフトの定量評価モデルを構築し、各施策に対するシミュレーション検証を行った。検証の際には移動者や交通機関利用状況、道路交通量等の実データの公開情報が豊富に揃った豊田市を選択し、評価を行った。比較対象として道路容量を増やす施策である道路建設、および交通量を減らす施策としてロードプライシングを選び、それらの施策との比較検証を行った。以下3.2節では交通モーダルシフト定量評価モデルの内容を解説し、3.3節では豊田市の統計情報を用いて、設定したシミュレーション条件について説明し、3.4節では定量評価モデルに対するシミュレーション結果について報告する。

3.2 交通モーダルシフト定量評価モデル

本節では交通モーダルシフトの優位性を議論するため、他の代表的な施策である、道路建設、ロードプライシングとの比較を行うための定量評価モデルについて説明する。

3.2.1 定量評価の前提条件

本研究では、主に施策に対する投資対効果を明らかにするために比較評価を行う。道路建設の効果は建設着手から何年も経てから現れることが多い、そのため本研究では、まず定量評価は20年間で行うものとした。こうした長期間での評価の場合、渋滞に関する影響が大きく変わるものもあると考えられる。しかし本研究では、施策に対する効果の定量比較を行うため、施策以外で渋滞に変化を与える要因については、変わらないという前提をおいて評価を行った。表3-1に変わらないとした主な前提を示す。環境については人口と交通量は20年間不変と仮定した。自治体については、ある施策に対する毎年かかる投資額は不変とした。実際には投資額は変化すると考えられるが、本研究では施策の効果を比較するために、まずは一定とした。自動車については20年間の間に自律走行車は大半を占める程には普及しないと考え、自律走行車の影響は無視出来るものとした。なお、自律走行車の普及については（高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部 2015）によると、完全自動化の普及は2030年頃と考えられている。また自動車の大きさも交通流に変化を及ぼすが、変わらないとした。道路については、信号制御方式は変わらないものとした。実際には一部の都市にて既に信号の動的制御は実施されている。（Transportation for America 2010）ではポートランド市の事例を紹介しているが、まだ都市の一部にしか入れていないため、本研究では20年間信号制御方式は変わらないものとした。公共交通については、鉄道、バ

スの路線網の変化はないものとした。実際には人口変化で路線網は変わっていくが、人口が不変の前提と合わせ、変わらないものとした。

表 3-1 定量評価の中で変化しないとした主な前提

分類	項目
環境	人口，交通量
自治体	施策に対する投資額 ・道路建設：建設費 ・ロードプライシング：維持費
自動車	自律走行車，自動車の大きさ
道路	信号制御方式変化
公共交通	鉄道，バスの路線網

また本研究で取り扱う道路建設，ロードプライシング，交通モーダルシフトについては，表 3-2 の影響を与えるものと仮定した。

表 3-2 各施策導入時の影響

施策	渋滞に対する主な影響事項
道路建設	道路容量の拡張，道路走行時間減少（ただし，渋滞緩和による新規交通量の誘発は想定しない）
ロードプライシング	・自動車交通量の減少（主に交通量そのものの減少，一部公共交通への移行） ・自治体の税収増（通行料収入）
交通モーダルシフト	・公共交通利用者への移動ポイント提供 ・公共交通の増便 ・自動車交通量の減少（自動車から公共交通への移動） ・維持費（主に移動ポイント，増便コスト）

3.2.2 モデルの概要

上記前提条件を受けて開発した交通モーダルシフト定量評価モデルの概要を図 3-1 に示す。本モデルは入力層，利用者行動層，交通層，出力層の 4 つの層で構成される。特に本モデルでは，利用者行動層と交通層を明確に分けている。これは交通利用者の選択（自動車か，公共交通か）があり，その後行動選択に従って各交通機関を利用することを示している。本研究では，この評価モデルを使い毎年の施策（投資）により，年ごとの便益変化を算出している。また年ごとの施策に基づき，例えば道路容量といったインフラや公共交通の変化についても模擬して便益変化に反映している。

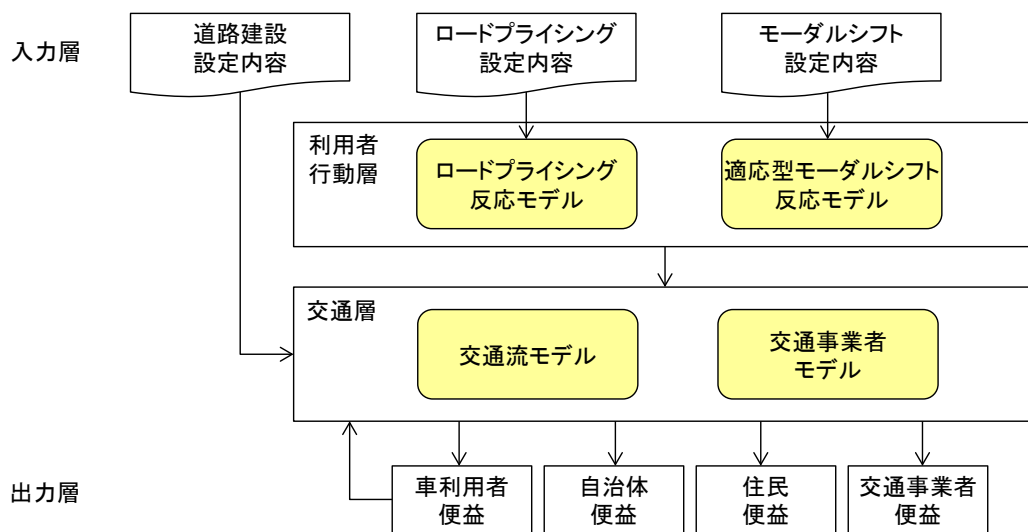


図 3-1 交通モーダルシフト定量評価モデル全体像

以下，各入出力，および各モデルについて説明する．

3.2.3 交通流モデル

最初に交通流モデルについて説明する．交通流モデルは，道路整備費用，および道路の通行料に基づいて，交通流（車の台数，速度）を予測するモデルである．交通流モデルの概要を図 3-2 に示す．

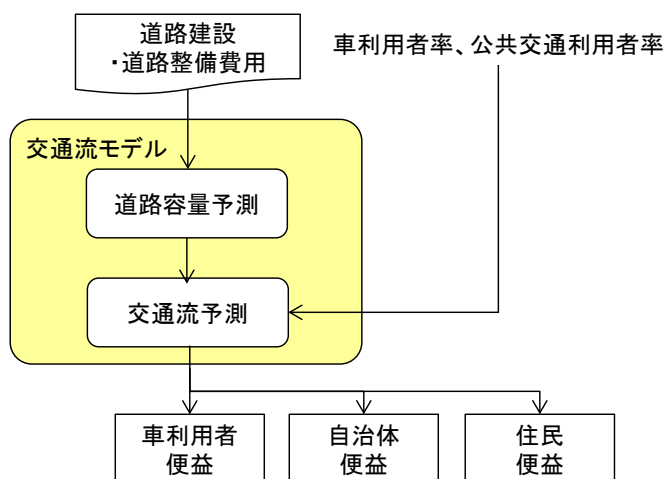


図 3-2 交通流モデル

交通流モデルでは，最初に道路整備費用に基づいて道路容量の変化予測を行う．道路容量 C の変化式は道路容量初期値 C_0 （本研究では道路建設前の道路容量に該当）に対し，道路

整備累積費用 ARI （開始期間から所定の時期までの道路整備の累積費用）に比例する式となる．具体的には式(1)で与えられる．

$$C = C_0 \cdot (1 + \gamma \cdot ARI) \dots \dots \dots (1)$$

C : 道路容量

C_0 : 道路容量初期値

γ : パラメータ

ARI : 道路整備累積費用

ここでパラメータ γ は、道路整備費用に対し容量改善する比率を表している．本研究では豊田市内の幹線道路の1つである国道 301 号線豊田東拡幅工事の事例(愛知県 2010)を基にパラメータを決定した．同工事では 1996 年から 2006 年の 11 年間に 52 億円を投入し、混雑度は 1.38 から 1.11 に改善した．この時の交通量は約 14,300 台/日から約 17,100 台/日に増加している．混雑度＝交通量／道路容量で与えられるため、これらを基に道路容量を求め、パラメータ γ の推定を行った．結果 $\gamma=0.00936$ とした．なお道路容量については車線数や幅員など様々な要素が絡んでくるが(福田 1994)、交通モーダルシフトの事前評価の場面で考えると、検討対象の都市から道路の細かい情報を得られるとは限らないため、本研究ではシンプルなモデルとした．

次に変化した道路容量、交通量に基づいて、交通流予測を行う．交通流予測式は BPR 関数(井上 2004)を用いており、これにより単位距離あたりの旅行時間を算出している．式(2)は BPR 関数を示している．

$$t = t_0 \cdot \left\{ 1 + \alpha \cdot \left(\frac{x}{C} \right)^\beta \right\} \dots \dots \dots (2)$$

t : 単位距離あたりの旅行時間

t_0 : 自由旅行時間

x : 交通量

C : 道路容量

α, β : パラメータ

t は単位距離あたりの旅行時間を表している． t_0 は自由旅行時間であり交通量が 0 の時の単位距離あたりの旅行時間を示している． x は交通量であり、 C は道路容量である． α, β はパラメータを示している．BPR 関数については(土木学会 2003)にてパラメータの性質が報告されており、その性質を利用した上で使う必要がある． α が小さい場合は、単位距離あたりの旅行時間はほとんど変化しなくなってしまう．また β が小さい場合は、混雑による影響が無くなってしまうため、単位距離あたりの旅行時間が変わらなくなってしまう．本研究

では、愛知県の多車線幹線道路の値(松井 2001)を使うことにし、 t_0 も含めてそれぞれ $\alpha = 0.54$, $\beta = 2.4$, $t_0 = 1.86$ とした。また豊田市内の平均旅行距離については、(国土交通省 2008a)に記された中京圏の自動車の1日平均トリップ数 1.41[トリップ/日]、および(日本交通計画協会 2010)に記された豊田市内の自動車の平均トリップ長 9[km/トリップ]を利用し、豊田市内の平均旅行距離を 12.69km とした。この平均旅行距離を用い、平均旅行時間を算出する。平均旅行時間 TTA は、平均旅行距離と単位距離あたりの旅行時間 t の積で与えられる。具体的には式(3)で与えられる。

$$TTA = 12.69 \cdot t \dots\dots\dots (3)$$

TTA : 平均旅行時間
 t : 単位距離あたりの旅行時間

車利用者数変化については、車利用者便益の増減に基づいて計算するが、本研究では車利用者便益が変化しても新たに車利用者数は増えないものと仮定した。

3.2.4 ロードプライシング反応モデル

ロードプライシング反応モデルは、道路に対する通行料を設けた時に、車の利用者数の増減を予測し、車利用率、公共交通利用率を推定するモデルである。

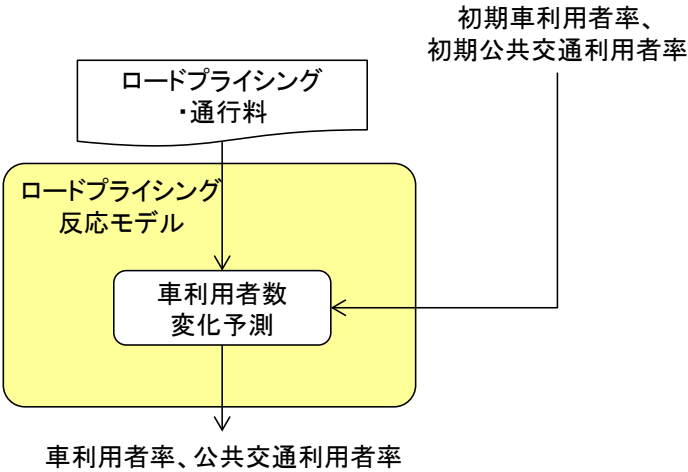


図 3-3 ロードプライシング反応モデル

本研究ではロンドンの事例(加藤 1999, 東京都 2014)を参考に、通行料と車利用者数変化のモデルを構築した。ロンドンの事例では、ロードプライシングをあるエリアに1日 5 ポンドの課金をした時に、エリア内交通量が 15%減、エリア内外への出入りが 18%減となった。またエリア内交通量 15%減の半分の 7.5%が公共交通へ移行していた。本研究ではロンドンと同等の課金を行った場合、同じ効果が得られるものと仮定した。具体的には課金額

を 750 円（当時の円換算 1 ポンド＝約 150 円と仮定）とし，その時の車利用者変化は 15% 減少し，さらにその 15% 減少分のうち 7.5% を公共交通の利用者増につながるとモデル化した．

3.2.5 交通モーダルシフト反応モデル

交通モーダルシフト反応モデルは，公共交通を利用した時に移動ポイントを付与することで，車での移動から，公共交通に乘換えて移動する利用者の人数を推定するモデルである．本モデルでは移動ポイントの価格から，モーダルシフト予測の処理を実施する．

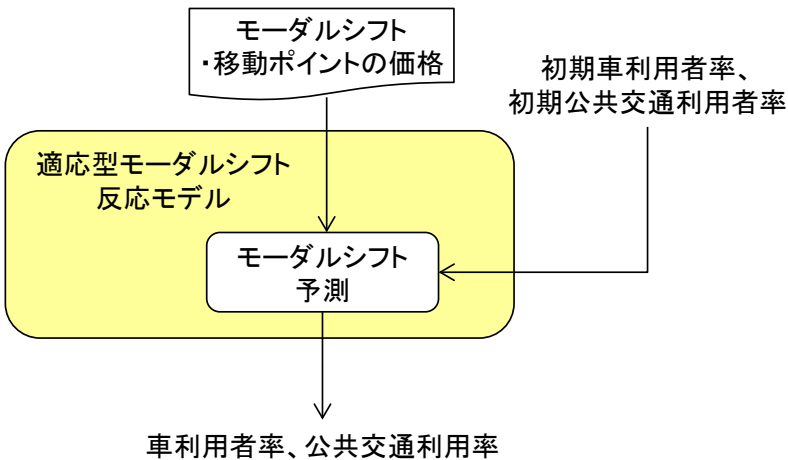


図 3-4 交通モーダルシフト反応モデル

本研究では交通手段の選択には，多項ロジットモデルを用いた(国土交通省道路局 2008b, 栗田 2013)．具体的には各交通手段を選択する確率 P_i は式(4)で与えられる．

$$P_i = \frac{\exp(U_i)}{\sum_k(\exp(U_k))} \dots\dots\dots (4)$$

i : 交通手段
 U_i : 交通手段 i の効用関数

ここで交通手段 i の効用関数 U_i は，交通手段の走行経費と交通手段の所要時間とパラメータの和表されるものとした．具体的には式(5)としている．

$$U_i = \alpha C_i + \beta T_i + \gamma \dots\dots\dots (5)$$

C_i : 交通手段 i の走行経費
 T_i : 交通手段 i の所要時間
 α, β, γ : パラメータ

ただし，本研究ではモデルを簡素化するために C_i と T_i を独立項とせず，所要時間 T_i を自動車の時間価値原単位 40.1[円/分](国土交通省 2008b)を基に時間費用 CT_i に変換し，費用 C_i と時間費用 CT_i の合計である一般化費用 C'_i を用いて，効用関数 U_i を定義した．

3.2.6 交通事業者モデル

交通事業者モデルは，鉄道，バスなどの事業収入，支出を模擬するモデルである．

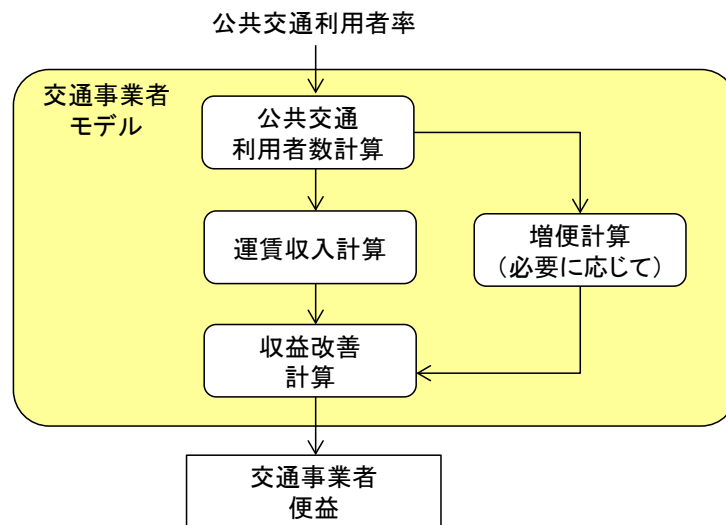


図 3-5 交通事業者モデル

最初に公共交通利用者率から，対象地域の公共交通利用者数を計算する．次に交通事業者の運賃収入計算と増便計算を実施する．運賃収入計算は，乗降地点によって運賃が変わり得るが，本研究では都市内での近距離を対象としているため，運賃は一定額(200 円)とし，公共交通利用者数に比例して運賃収入を計算した．増便計算は，公共交通の利用者数が大幅に変化した時に，バスや鉄道の臨時便を出し，その時の増便コストを算出する機能である．(豊田市 2005)の豊田市内の基幹バスの実績によると，平均乗車率は約 28.7%である．これを踏まえ本研究では，現状の公共交通利用者数による乗車率を 25%と仮定し，4 倍を超えた割合に応じて増便数を決定し，コストを算出している．最後に運賃収入の変化，増便計算によるコストの変化を踏まえ，収益改善計算を実施している．

3.2.7 便益計算

道路建設，ロードプライシング，交通モーダルシフトの効果検証を行うため，本研究は，車利用者，自治体，住民，交通事業者のそれぞれの便益を計算している．以下，便益計算の詳細について説明する．

3.2.7.1. 車利用者便益

車利用者便益は、車を利用する人が受ける便益を表したものである。車利用者便益は、各自動車による便益の和、および各公共交通のうち、バス利用者による便益の和で算出している。各自動車による便益は走行時間短縮便益、走行経費減少便益、交通事故減少便益の和で計算しており、各バス利用者による便益は公共交通混雑不効用、走行時間短縮便益、走行経費減少便益、交通事故減少便益の和となっている。これらの便益の計算は、国土交通省の費用便益分析マニュアル(国土交通省 2008b)に基づいた。また公共交通混雑不効用については、鉄道プロジェクト評価手法マニュアル(国土交通省 2012)に基づき計算した。

これら便益計算では、各交通機関の時間価値原単位が必要となる。本研究では時間価値原単位を表 3-3 の通りに設定した。特にバスの時間価値原単位は、バスの乗車人数によって変化するため、変化率も定義した。下記は平均乗車人数 9.17 人/台の時間価値原単位であるため、1 人あたりは概ね $374.27/9.17=40.8$ 円/分/台/人である。そのため本研究では、1 人の増減で 40.8 円変化するものと仮定した。

表 3-3 各交通手段の時間価値原単位(国土交通省 2008b)

交通手段	時間価値原単位[円/分/台]
自動車	40.10
バス	374.27
鉄道	47.91

3.2.7.2. 自治体便益

自治体便益は、施策によって受ける自治体の便益を表したものである。本研究では、交通モーダルシフトの場合は移動ポイントの費用負担コスト、ロードプライシングの場合は道路収入便益およびコスト、道路建設の場合は、道路建設費を自治体便益とした。

3.2.7.3. 住民便益

住民便益は、自動車を利用しない付近住民の便益を表したものである。住民便益は CO2 排出量削減量に基づき計算した。

3.2.7.4. 交通事業者便益

交通事業者便益は、公共交通事業者の便益を表したものである。交通事業者便益は、交通事故減少便益と、運賃収入増加便益の和で計算した。

3.2.7.5. 減価償却

本研究では道路建設とロードプライシングと交通モーダルシフトの 3 つの施策を比較しようとしているが、それぞれの施策は初期費用、維持費用のかかり方が異なっており、こ

のままでは単純比較は難しい．そこで初期費用に対しては減価償却を使い，比較を用意化した．減価償却は定額法を採用した．表 3-4 は本論文で設定した減価償却期間である．実際には対象施策には複数の設備や機器が関係するため，減価償却期間は1つとは限らない．たとえば道路建設については，舗装道路以外にも，信号設備や，橋梁などが減価償却の対象となる．また設備の中には，減価償却のどの分類になるのか容易には定まらないものもある．そのため本研究では，これら状況を勘案し，ある施策を実施する際に，償却期間が分かっている設備の中で一番費用がかかるとされるものを減価償却期間と定め，評価を行うことにした．その結果，定めた償却期間を表 3-4 に示す．

表 3-4 設定した減価償却期間

対象施策	減価償却期間	参考設備
道路建設	10 年	舗装道路が 10 年
ロードプライシング	9 年	遠隔監視装置が 9 年
交通モーダルシフト	5 年	運行管理サーバが 6 年

3.3 シミュレーション条件

道路建設，ロードプライシング，交通モーダルシフトの定量比較を行うため，本研究ではシステムダイナミクスのシミュレータ（PowerSim 社の PowerSim）を用い，シミュレーション実験を行った．以下，実験の際に設定した各種シミュレーション条件を示す．

3.3.1 シミュレーション検証期間，検証時間帯

シミュレーション検証期間は，2013 年～2032 年の 20 年間とし，シミュレーション開始年に施策を開始するものとした．1 年ごとに，交通量・走行時間等の道路動態や，施策実施に必要な費用，走行時間短縮便益・CO2 排出量削減便益等の個別便益と，個別便益を車両利用者，交通事業者等のステークホルダに分配したステークホルダ便益等を算出した．またシミュレーションの対象時間帯は 7 時～19 時の 12 時間と設定した．本研究では，自動車から公共交通への交通モーダルシフトを検討対象としているため，交通モーダルシフトが必要で，かつ公共交通が運行中の時間帯を当該時間帯とした．

3.3.2 道路・交通量

本研究では，豊田市内の主要国道（153，155，248，257，301，419，420 号線）の交通量データを参考に，BPR 関数を用いて仮想的な 1 本の道路および交通量を想定した．具体的には豊田市統計書(豊田市 2010)より，これら 7 本の道路の延長・交通量を平均し，延長は 14.7km，12 時間交通量(公共交通の運行時間帯と仮定)は 18,179 台/日，通勤時間帯の速度は 17.9km/h と求めた．これらをもとに BPR 関数により，道路容量を 15,420 台/日と設

定した。また、豊田市の平均トリップ長(豊田市都市整備部交通政策課 2010)は 9km/トリップ、中京圏の自動車平均トリップ数(国土交通省 2008a)は 1.14 トリップ/日であるので、平均走行距離は 10.26km/日と仮定した。

3.3.3 公共交通

本研究では、豊田市の主要鉄道、バスの運賃を参考に、運賃、所要時間、走行距離を設定した。鉄道は豊田市駅ー若林駅間を参考に、運賃 290 円、所要時間 14 分、走行距離 10.6km、運行間隔 15 分を基準とした。またバスは市内走行を想定し、運賃 200 円、所要時間 42 分、走行距離 12.69km とした。

3.3.4 利用者数

豊田市交通まちづくり推進協議会(豊田市 2011)によると、2009 年度の鉄道各利用者数は 54,944 人/日、バスは 9,048 人/日である。また同推進協議会(豊田市 2012)によると、豊田市の鉄道利用率は 6.5%、自動車は 71.2%である。ここから自動車の利用者数は 601,848 人/日と推定した。また(増岡 2005)によると、豊田市の全移動者数の 82.4%が 7 時～19 時の昼間 12 時間に集中している。本研究では、バス、鉄道の利用者数は、上記 12 時間内の利用者がほとんどとし、鉄道は 54,944 人/日、バスは 9,048 人/日とした。同様に自動車の昼間 12 時間の利用者数を $601,848 \times 0.824 = 495,923$ 人/日とし、道路の利用者数を $495,923 + 9,084 = 505,007$ 人/日とした。

3.3.5 道路建設

道路建設で用いる道路整備費は、豊田市の予算説明資料(豊田市 2013)の道路関連事業費(2013 年、69 億円/年)を参考に道路整備費とした。

3.3.6 ロードプライシング

ロードプライシングに対する建設費、維持費は、ロンドンの事例(東京都 2014)および東京の検討結果(東京都 2002)を参考に、豊田市に適用した場合として規模換算を行い推定した。これらの施策の費用を表 3-5 に示す。

表 3-5 ロードプライシングのコスト

対象エリア	建設費 [億円]	維持費 [億円/年]	道路延長 [km]
ロンドン	300	196.5	不明
東京(環状 7 号・荒川) (机上検討)	405	175	7,255

ロンドンでは課金はエリア方式、認証はカメラ方式を採用している。街中にカメラを設

置する必要がある、建設および維持費が高いことが問題となっている。一方東京では課金にコードン方式（域内流入車に課金）、認証方式にカメラ方式を採用している。入口にカメラを設置するだけで良いため、コストが抑えられると言われている。本研究ではロードプライシングの中では比較的安価と言われる東京の事例をもとに、道路延長の規模に比例して、豊田市のロードプライシングの建設費、維持費の推定を行った。その結果を表 3-6 に示す。

表 3-6 豊田市のロードプライシングのコスト推定

対象エリア	建設費 [億円]	維持費 [億円/年]	道路延長 [km]
豊田市(上記 2 都市より推定)	188	81	3,374

3.3.7 交通モーダルシフト

交通モーダルシフトの建設費は、移動ポイント案内機能、移動ポイント付与機能、およびダイヤ変更を実現させるダイヤ変更機能を持つシステムの建設費であり、維持費は移動ポイントの付与、および公共交通の増便コストである。これらの詳細についての仮定を以下に示す。

3.3.7.1 建設費

移動ポイント案内機能は Web 上の案内システムとし、移動ポイント付与機能は、公共交通と連携したポイント管理から構成されるシステムとする。利用者はスマートフォンまたは PC を使いアクセスすると仮定すると、本システムを構築するためにはサーバ上のソフトウェアのみ構築が必要である。公共交通のダイヤ変更機能は、交通事業者の運行管理部門におかれた計画立案システムの 1 機能となるものである。既存の計画立案システムと連動すれば、計画変更が運行管理や、鉄道、バスなどのそれぞれの車両に伝わるため、ダイヤ変更機能以外には、特別なソフトウェアや端末を用意する必要はない。これらを勘案すると、交通モーダルシフトを実現する場合に必要なものはいずれもソフト、サーバであるため、建設費はそれほど高額にならないものとする。本研究では 5 億円と仮定した。

3.3.7.2 維持費

維持費は移動ポイントの付与と、公共交通部門の増便コストになるが、本研究では増便コストは既にモデルに組み込まれているため、移動ポイントの付与について述べる。移動ポイントの付与のコストは、公共交通の利用者数×移動ポイントの価格であり、移動ポイントの価格の大小により、交通事業者の収益性が大きく変わる。本研究での施策は数十年に渡って持続することを想定しているため、交通事業者にとってコスト高とならない範囲

で、移動ポイントの額を定めておく必要がある。そこで予備実験として交通事業者の過度な負担にならない移動ポイントを探した。その結果を示す。本予備実験では、移動ポイントの価格を運賃の 33%、50%、66%、75%、80%の 5 つのケースで交通事業者の収益率を評価した。なお、本予備実験では輸送に関する収入(運賃収入)および支出(人件費、燃料代)で収益率の評価を行った。

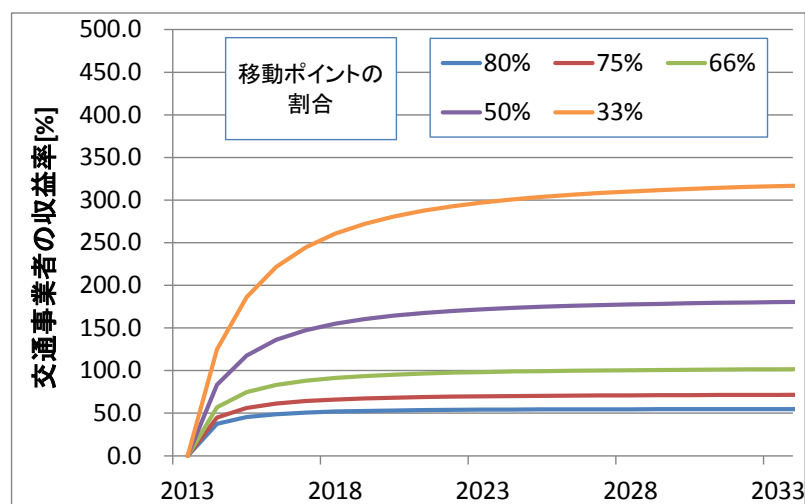


図 3-6 移動ポイント変化による交通事業者の収益率変化

このグラフにより交通モーダルシフトの損益分岐点は、移動ポイントを運賃の 66%近傍であり、交通モーダルシフトが破綻しないためには、少なくとも移動ポイントを運賃総額の 66%以下に設定する必要があることが分かる。以下、本研究では交通モーダルシフトで使う移動ポイントは運賃の 50%にして検証を行った。

3.4 シミュレーション結果

以上述べた条件に基づき行ったシミュレーション結果を説明する。結果は車利用者便益、交通事業者便益、自治体便益、住民便益について説明し、その後全ステークホルダの便益について説明する。なお特に説明が無い限り、説明のグラフは交通モーダルシフト、ロードプライシング、道路建設についての便益比較となっており、それぞれの便益の金額は[億円]で、単年度での便益収支を表している。

3.4.1 車利用者便益

車利用者便益の比較結果を図 3-7 に示す。交通モーダルシフト、およびロードプライシングのグラフは短期的に上昇しているのに対し、道路建設のグラフは便益の上昇が遅く、ロードプライシングを超えるのは 8 年、交通モーダルシフトを超えるのは 12 年かかることが分かる。また、交通モーダルシフト、およびロードプライシングの便益は頭打ちになる

一方で、道路建設のグラフは持続的に伸びていく。

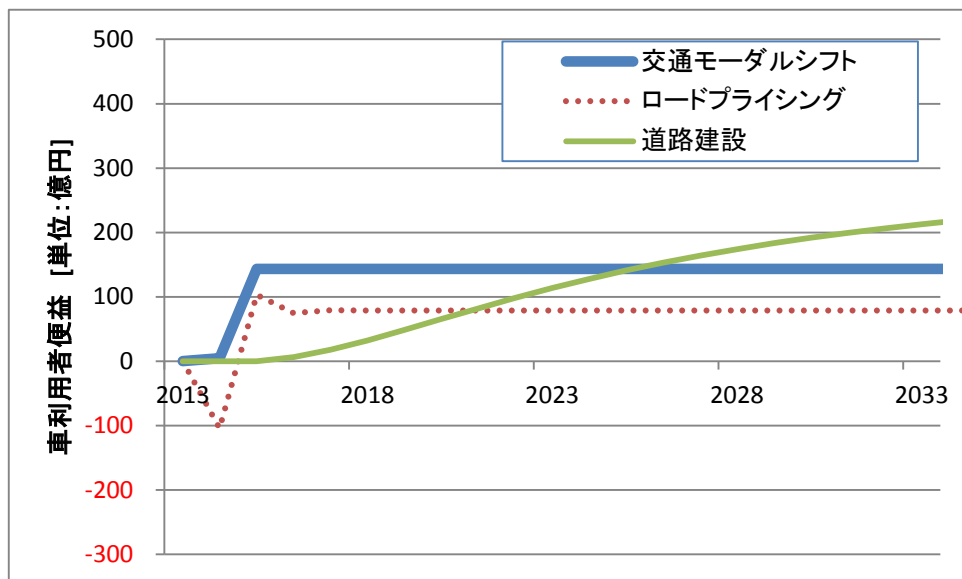


図 3-7 車利用者便益結果

この結果について、施策の違いが出た主要因を調査したところ、道路の走行時間変化が大きいと判明した。その結果を図 3-8 に示す。交通モーダルシフト、ロードプライシングは短期的に走行時間を減少させているが、途中で頭打ちになる。一方、道路建設は走行時間の減少は比較的遅いが、継続して改修を続けるため、最終的に速度制限に近い速度での走行が可能になる。

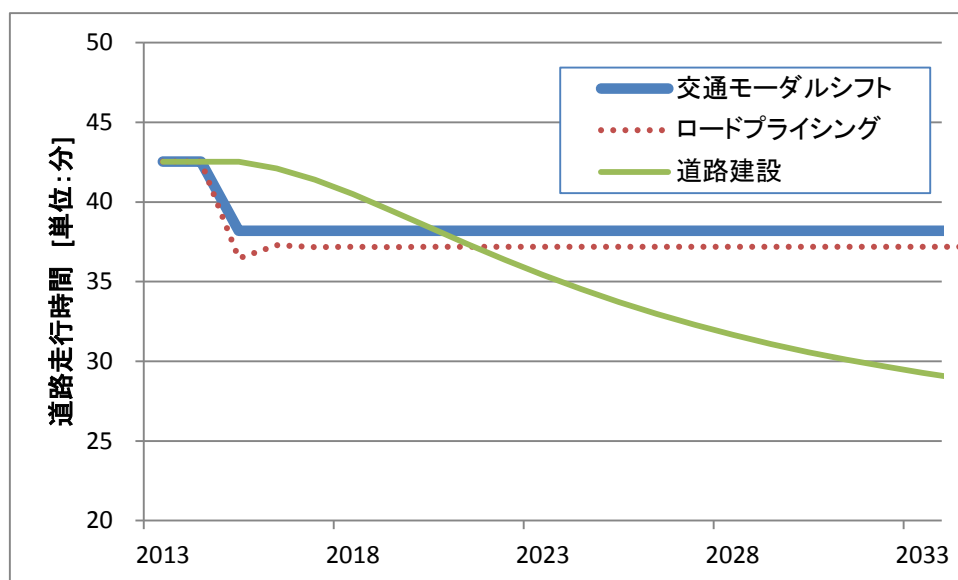


図 3-8 道路走行時間の改善結果

3.4.2 交通事業者便益

次に交通事業者便益の結果を図 3-9 に示す。ロードプライシングの便益が、交通モーダルシフトよりも高くなっている。これは交通モーダルシフトでは、交通事業者が増便コストを負担しなければならない一方で、ロードプライシングは、交通事業者のコスト増がゼロに関わらず、自動車から公共交通への乗換えが発生していることに起因している。なお、道路建設の便益がゼロになっているのは、公共交通へのシフト要因が無く、道路整備費用も交通事業者が負担しないことによる。

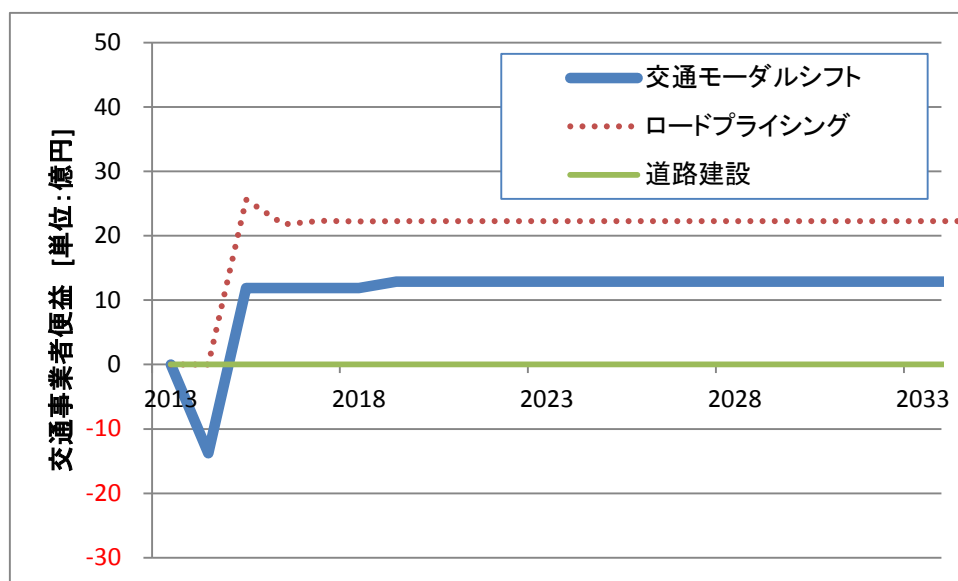


図 3-9 交通事業者の便益結果

3.4.3 自治体便益

自治体便益の結果を図 3-10 に示す。交通モーダルシフトは自治体の年間約 35 億円のコストがかかることが判明した。一方、ロードプライシングについては、初期投資で約 170 億円近い損失が発生し、9 年間減価償却が続くが、その後通行料収入により、年間約 9 億円の増加となり、それが便益に結び付いている。道路建設については年間 70 億円の道路整備費用がかかっているため、便益も常にマイナスとなっている。

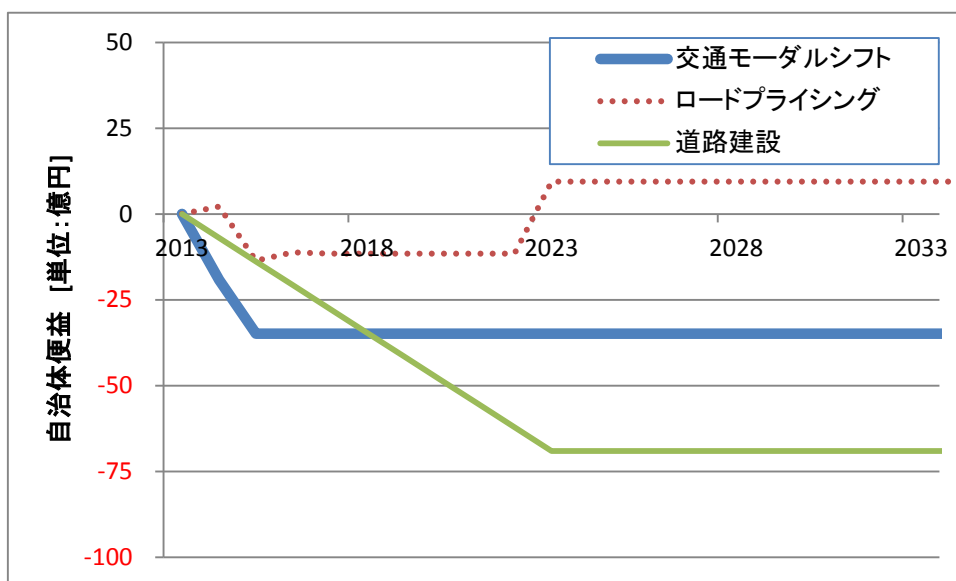


図 3-10 自治体の便益結果

この結果を便益の累積で見た場合を図 3-11 に示す。ロードプライシングは最も累計の便益が高い。これは有料料金収入が入るからである。交通モーダルシフトは、道路建設を 2022 年ごろに逆転していることが分かる。

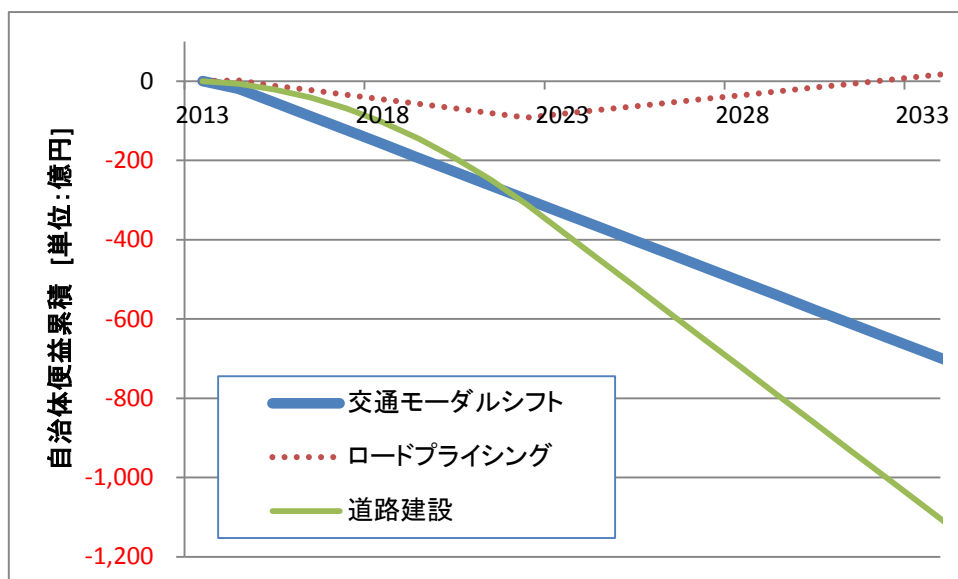


図 3-11 自治体の便益累積結果

3.4.4 住民便益

自動車を利用しない付近住民の便益変化を図 3-12 に示す。他の便益と比較して便益が低くなっている。住民のメリットとして CO2 排出量削減、交通事故の危険性減少があるが、CO2 排出量については金額換算が比較的小さいこと、交通事故については元々危険性が低かったことから、便益向上が小さかったことによる。

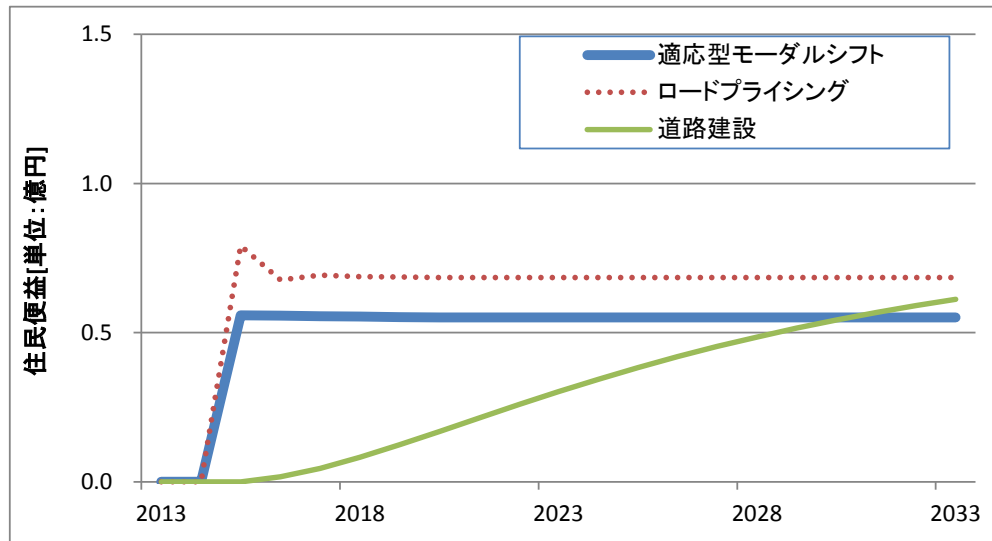


図 3-12 住民便益結果

3.4.5 全ステークホルダ便益

これまで説明した便益を全て合計した，全ステークホルダの便益結果を図 3-13 に示す．全ステークホルダでの便益としては，交通モーダルシフト，ロードプライシングはほぼ同等なことが分かった．道路建設は短期的に便益がマイナスになる（道路整備費用だけがかかり効果が表れない）ものの，17 年以上経過すると他の 2 つの施策を上回る便益が受けられることが分かる．

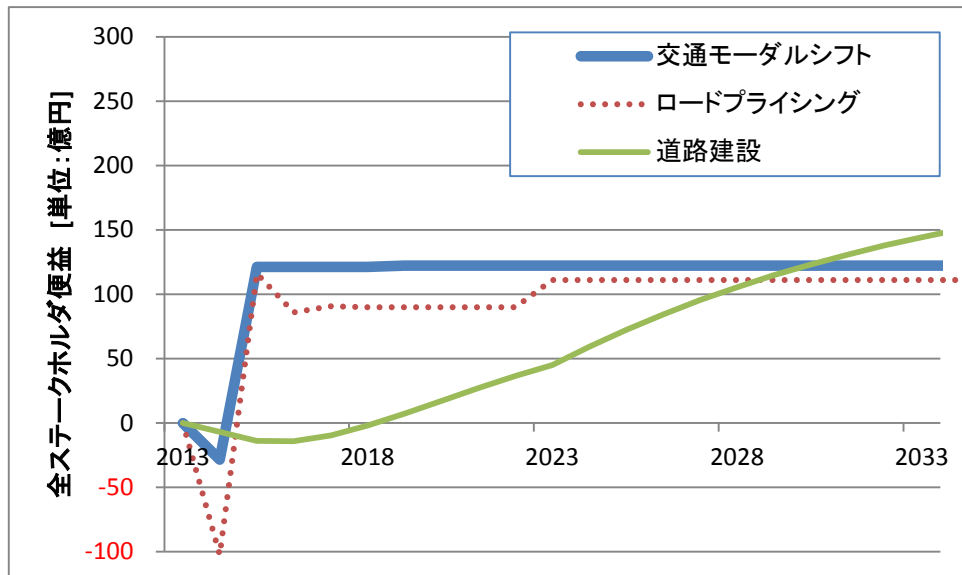


図 3-13 全ステークホルダ便益結果

3.4.6 感度解析

本研究ではモデル構築時のパラメータ，およびいくつかのシミュレーション条件について

て、仮定を置いて検証を行っている。これらの仮定のうち影響が大きいものについては、その仮定のずれがシミュレーション結果に対し影響を及ぼさないか、感度解析により明らかにしておく必要がある（ナイジェル 2003）。そこで本項では、仮定のずれがシミュレーション結果に対し影響を及ぼさないか、感度解析を行った結果を説明する。利用したデータは全ステークホルダ便益結果（図 3-13）であり、道路建設、ロードプライシング、交通モーダルシフトのそれぞれについて仮定を変えてシミュレーションした結果を説明する。

3.4.6.1. 道路建設

道路建設に対する感度解析結果を図 3-14 に示す。道路建設については道路整備費用を±10%の範囲で変化させたが、便益はほとんど変わらなかった。このことから道路整備費用の変化は結果に影響を与えないものと判断した。

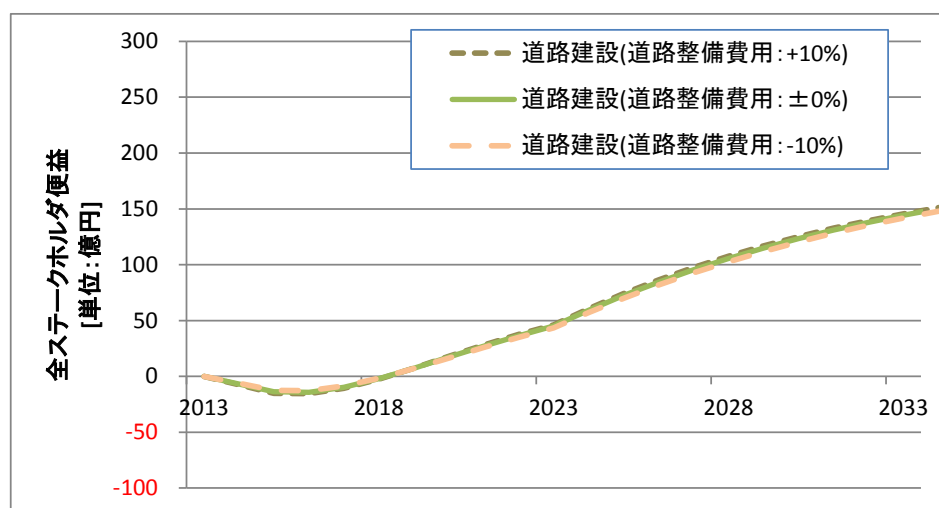


図 3-14 道路建設の感度解析結果

3.4.6.2. ロードプライシング

次にロードプライシングに対し、通行料の感度解析結果を図 3-15 に示す。通行料を±10%で変化させた場合、便益は±14%で変化している。これは主に自治体便益が関係しており、具体的には通行料×交通量による道路収入変化が影響している。ただし全体としては大きな変化なく、感度解析結果としては、結論を左右するほどの影響はなかったものと判断した。

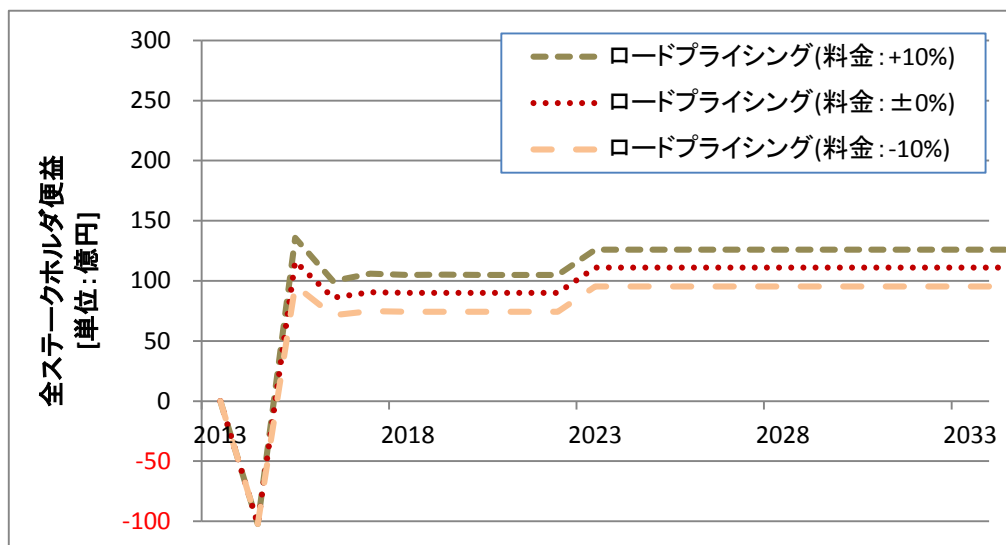


図 3-15 ロードプライシングの感度解析結果

3.4.6.3. 交通モーダルシフト

次に交通モーダルシフトに対し、移動ポイントの感度解析結果を図 3-16 に示す。運賃に対する移動ポイントの割合を 50%から±10%変化させた場合、便益も±10%変化した。これは主に車利用者便益の変化が影響している。ただし、ロードプライシングと同様に全体としては大きな変化はなく、感度解析結果としては、結論を左右するほどの影響はなかったものと判断した。

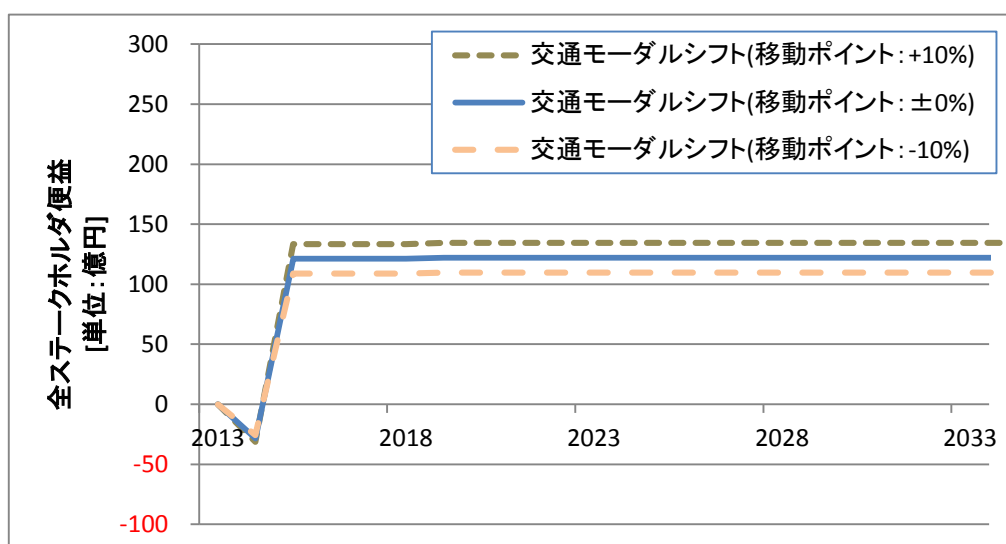


図 3-16 交通モーダルシフトの感度解析結果

3.5 考察

以上のシミュレーション結果に基づき、交通モーダルシフトの有効性について述べる。最初に全ステークホルダ便益によると、交通モーダルシフト、およびロードプライシングは両方とも道路建設と比較して早くから便益が得られる。さらに交通モーダルシフトとロードプライシングはほぼ同等の便益であったことから、道路建設の代替案としてロードプライシングを導入検討する際には、交通モーダルシフトも検討候補に乗り得るものと分かる。

また、道路建設の効果が遅いことを補完する施策として、交通モーダルシフトを導入することも考える事が出来る。具体的にはロードプライシングと道路建設を平行に進め、初年度～12年後位までは交通モーダルシフトの効果により、交通渋滞の緩和を実現しておく。12年後以降は道路建設効果が表れ、車利用者としては初年度から継続して交通渋滞緩和の恩恵を受けることが出来る。道路建設もコストをかけて急速に整備するのではなく、適切なコストで順次整備していく事も可能となる。

次に導入のし易さを、自治体便益の観点で述べる。道路渋滞緩和の施策を自治体が運営する場合、自治体の予算規模が問題になると思われる。その点で図 3-10 の自治体便益結果を振り返るとロードプライシングの初期投資が突出して高く(約 170 億円)、ロードプライシング導入には余程大きな自治体で無い限り難しい。道路建設は年間当り 69 億円のコストをかけていても、効果を発揮するまでには長い年月がかかっている。それに対し交通モーダルシフトは、初期投資が移動ポイント案内機能、移動ポイント付与機能や交通事業者ダイヤ変更機能といった情報システムの投資だけで済むため初期投資は大きくは無い。移動ポイント付与分の維持費がかかるものの、道路建設に対するコストの半分程度で抑えられている。この事から、少なくとも豊田市をケーススタディとした場合には、自治体の財政規模の観点で交通モーダルシフトは有力な施策であることが推測出来る。

最後に交通事業者として、受入可能な施策かを考察する。図 3-9 は交通事業者の便益変化を示しているが、交通モーダルシフトのみ初年度費用によりマイナスの便益になり、後はプラスの便益となっている。この便益はほぼ投資額と運賃収益との差になっているため、初年度の初期投資が交通事業者で負担可能かが、判断基準となる。今回の例では約 10 億円と推測され、やや容易ではない、という結果となった。回避策としては、交通事業者の初期投資の一部を自治体が負担することが考えられる。自治体便益の議論にもあったように、比較対象のロードプライシングの初期投資費用は約 170 億円と高いことから、受け入れやすい回避策であると結論する。

以上述べた考察に基づき、少なくとも豊田市をケーススタディとした場合、道路建設、ロードプライシング、交通モーダルシフトの施策を比較すると、交通モーダルシフトは低コストで効果の高い施策であると言える。また交通モーダルシフトとへ移行して、順次道路建設も進めておくことで持続的に渋滞緩和効果の高い施策をうつことが可能である。

3.6 おわりに

本研究では交通モーダルシフトに焦点をあて、交通モーダルシフトの事業性を交通事業者、住民、自治体、ステークホルダ全体で定量評価する定量評価モデルを構築した。これにより、交通事業を民間運営する際に、民間としての事業性評価が容易になった。また自治体の交通局、都市計画局においては、住民、自治体の費用便益も算出することで、事業性を評価出来るようになった。さらに他の道路建設、ロードプライシングの施策と比較出来るようになり、予算化への判断も容易にすることが出来た。さらに構築した定量評価モデルは、国や豊田市の統計情報を使うことで評価結果の算出が出来ることを確認した。今後は更に他の公共交通中心社会を目指す各種施策についても評価出来るよう、モデル拡張を続けていく。

第4章 土地利用視点での評価方法

4.1 はじめに

第2章で述べた通り、公共交通中心社会は交通渋滞緩和と、スプロールにならない効率的な土地利用を目指している。本章では、交通モーダルシフトを適用した場合に、土地利用視点で、公共交通中心社会が目指す公共交通沿線の街づくりが達成可能かを評価する、評価方法について検討する。

4.2 提案手法

2.3節で述べたとおり、先行研究では土地利用の分布予測を出力するものの、その評価は見た目、つまり人手による判断を行っていた。それに対し本研究では、土地の利用分布について評価指標を設け、各シミュレーション結果について定量比較出来るようにする。また土地利用については、その地域に住む住民がどう意識しているかで街づくりの形成が変わってくると考えられる。そのため、本研究では住民の意識を効用としてモデル化し、住居の移転もモデル化することで、土地利用の変化を見られるようにする。基本的には（上田 2010）の応用都市経済モデルを基礎としつつ、住民の意識変化を重要度の変化として設定出来るようにする。以下、そのモデル化内容について説明する。

4.2.1 地域のモデル化

本研究では問題を簡単化するため、都心から郊外に延びる長方形的な地域を対象とする。その概観を図 4-1に示す。図中右側を都心とし、左側を郊外としている。都心から郊外へは平行して何本かの幹線道路、あるいは鉄道が通っているものとした。また幹線道路、鉄道が無いところについては、狭い道路が通っており、鉄道の駅や幹線道路まで狭い道路を通っていくものとした。また地域は一定距離でエリアに分割されているものとしており、一つのエリアを便宜的に2つの座標(i, j)で特定するものとした。なお、都心から郊外に延びる地域を想定する場合、直感的には長方形でなく扇型の方が良いと思われる。しかし(奥平 1976)によると、都心から郊外へ激しい渋滞が無いように道路を張り巡らした場合、郊外の就業地域や住宅地域の広さは、都心からの距離の2乗になるとは限らず、むしろ距離と比例する場合もあることを示している。本研究では都心との距離と郊外の宅地との関係を考慮するため、上記研究結果も踏まえ、まずは地域を長方形としてモデル化を行った。

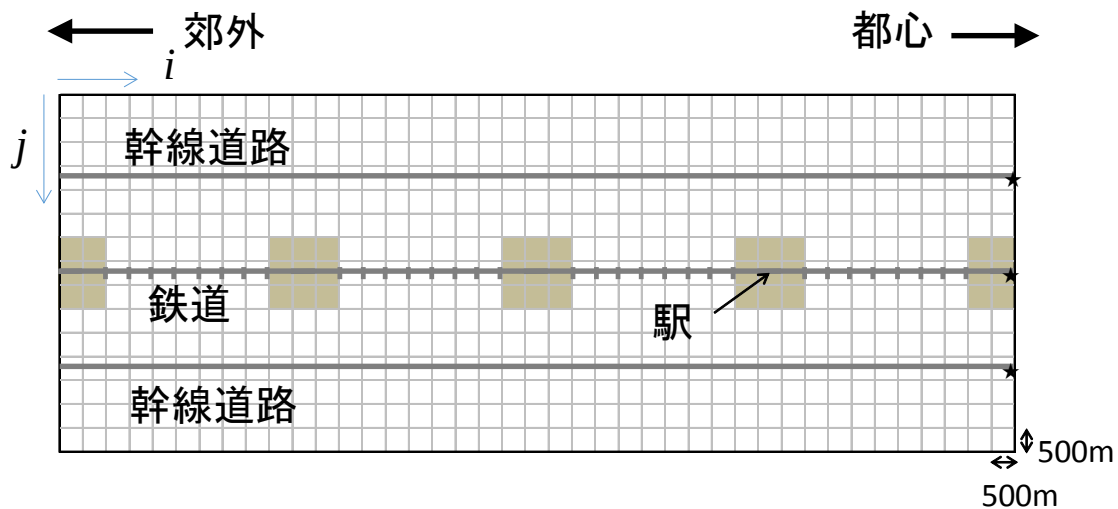


図 4-1 地域のモデル化の概観

4.2.2 均衡式

上記の地域内で人々は日々行動しながら，居住コストや移動時間を評価し，それが不満に思った場合は，地域内の他のより良いエリアに移転を行っていくものとする．地域外への移転や，地域外から地域内への移転は無いものとする．この条件下で移転を繰り返していくと，やがてどのエリアの人口も変化しない均衡状態になると考えられる．（上田 2010）に基づくと，上記の地域内で均衡状態が得られた場合，以下の均衡式が得られる．

4.2.2.1. 総人口の均衡式

（上田 2010）に基づき，地域外への移動および地域外からの移動は無く，地域内での移転のみ生じるものと仮定する．この場合，各地域の人口の和は一定数となるため，総人口の均衡式として式(6)が与えられる．

$$\sum_i \sum_j n_{ij} = N \dots\dots\dots (6)$$

n_{ij} : エリア (i, j) における居住人数
 N : 総人口

4.2.2.2. 住宅需要と住宅供給の均衡式

（上田 2010）に基づくと，均衡状態を得た時には，全てのエリアで住宅需要と住宅供給が一致した状態となる．本研究では各エリアの住民について，鉄道を利用した者と鉄道を利用しない者が存在するものとする．住宅需要は，鉄道を利用した場合の移動時間に基づいた住宅需要曲線と，鉄道を利用しなかった場合の移動時間に基づいた住宅需要曲線の期待値であるものと仮定すると，住宅需要と住宅供給が一致している均衡式は式(7)で与えら

れる.

$$S(p_{ij}) = d(p_{ij}, Tr_{ij}) * PrTr_{ij} * n_{ij} + d(p_{ij}, Tc_{ij}) * (1 - PrTr_{ij}) * n_{ij} \dots \dots \dots (7)$$

S : 住宅供給曲線
 d : 一人辺り住宅需要曲線
 $PrTr_{ij}$: 鉄道利用確率
 Tr_{ij} : 鉄道利用時の移動時間
 Tc_{ij} : 車利用時の移動時間
 n_{ij} : エリア(i, j)の居住人口

左辺は住宅供給を表しており、右辺は住宅需要の期待値を表している。本研究では一人辺りの住宅需要曲線については、移動時間によって一定割合で減少し、住居コストに半比例して減少するものとした。一人辺りの住宅需要曲線を式(8)とする。

$$d(p_{ij}, t_{ij}) = \frac{a_d}{p_{ij}} (1 - b_d * t_{ij}) \dots \dots \dots (8)$$

p_{ij} : エリア(i, j)における住居コスト
 t_{ij} : エリア(i, j)における移動時間
 a_d, b_d : パラメータ

鉄道利用時の移動時間については、出発地点のエリアから駅までを徒歩で最短距離を移動し、駅からは列車で移動するものと考えた。そこで移動時間を駅から徒歩までの最短距離と、その駅から都心までの移動時間の和で表されるものとした。鉄道利用時間の式を式(9)で与える。

$$Tr_{ij} = \min_{st \in S} (\beta \sqrt{(x_i - x_{st})^2 + (y_j - y_{st})^2} + \gamma L_{st}) \dots \dots \dots (9)$$

x_{ij} : エリア(i, j)の水平方向座標
 y_{ij} : エリア(i, j)の垂直方向座標
 x_{st} : 駅 st の水平方向座標
 y_{st} : 駅 st の垂直方向座標
 S : 駅集合
 L_{st} : 駅 st における都心までの移動時間
 β, γ : パラメータ

車利用時は、幹線道路への最短距離を狭い道を通して移動するものとした。この時の車利用時の移動時間 Tc_{ij} を狭い道の通過時間と幹線道路の通過時間の和で表すものとし、式(10)の通りとする。

$$Tc_{ij} = \min_{j_o \in J} (\delta |y_{ij} - y_{j_o}| + \varepsilon |x_{ij} - x_c|) \dots\dots\dots (10)$$

J : 水平方向の添え字集合

c : 都心を示す添え字

δ, ε : パラメータ

住宅供給曲線は、住居コストに比例するものとした。住宅供給曲線を式(11)に示す。

$$S(p_{ij}) = S_0 + a_s p_{ij} \dots\dots\dots (11)$$

p_{ij} : エリア(i, j)の住居コスト

S_0, a_s : パラメータ

4.2.2.3. エリア間の均衡式

均衡状態を得る時には、どのエリアの効用も全て等しい効用値になる。異なる効用値となっているエリアについては、他のエリアへの移転、もしくは他のエリアからの移転が発生し、エリア間の効用の均等化がなされるためである。(上田 2010)に基づき、エリア間の均衡式を式(12)の通りに規定する。

$$U_{ij} = C \quad \text{for all } i, j \dots\dots\dots (12)$$

U_{ij} : エリア(i, j)の効用関数

C : 均衡時の効用値

ここで効用関数については、ある人が住居を決める際には、対象とする場所での環境や、治安、歴史的背景など、様々な要因を考え、複合的に決定するものと考えられる。しかし本研究では、居住と移動の観点の重視度合いの影響を調べるために、居住の効用と、移動の効用の2種類を規定し、他の要因については地域一帯で違いは無いものとした。具体的には、ある地域を対象とした時の効用関数を式(13)の通りとした。

$$U_{ij} = U - (1 - \alpha)Ur_{ij} - \alpha\beta Ut_{ij} \dots\dots\dots (13)$$

U_{ij} : 地域(i, j)の効用関数

U : 効用の定数 (地域間で一定)

Ur_{ij} : 居住効用

Ut_{ij} : 移動効用

α : 移動に対する重視度

β : Ut_{ij} と Ur_{ij} の単位変換値

ここで重要度 α を操作することで、居住を重視するか、移動を重視するかを見られるようにしている。以下、それぞれの効用に対するサブモデルを示す。

4.2.2.4. 移動効用モデル

移動については、鉄道を利用する場合と、車を利用する場合の2通りを想定した。それぞれの総移動時間と、鉄道、車を利用した場合のコストを加味して交通機関の選択モデルを構築した。選択にはロジット関数を使って選択率を求めている。ロジット関数の式を(14)で示す。

$$PrTr_{ij} = \frac{\exp(Tr_{ij})}{\exp(Tr_{ij}) + \exp(Tc_{ij})} \dots \dots \dots (14)$$

ここであるエリア(i,j)における移動の効用モデルを式(15)に示す。基本的に各交通機関の選択率に基づいて重み付けを行ない、期待効用として算出している。

$$Ut_{ij} = PrTr_{ij} * Tr_{ij} * n_{ij} + (1 - PrTr_{ij}) * Tc_{ij} * n_{ij} \dots \dots \dots (15)$$

n_{ij} : エリア(i,j)の居住人数

4.2.2.5. 居住効用モデル

居住効用については、地形、治安等様々な要因が考えられるが、本研究で対象とする地域は、居住コスト以外の効用は、地域内で差が無く、かつ居住コストからは十分無視出来るほど小さいと仮定した。その結果居住効用については、居住コストのみをモデル化した。その式を式(16)に示す。

$$Ur_{ij} = p_{ij} * n_{ij} \dots \dots \dots (16)$$

p_{ij} : エリア(i,j)の居住コスト

4.2.3 解法

以上説明した総人口の均衡式、住宅供給と住宅需要の均衡式、エリア間の均衡式の 3 つの均衡式を用い、それぞれの変数の値を導いた。具体的には以下の手順をとって算出した。

Step 1 : 移動に関する重視度 α を設定する

Step 2 : 均衡時の効用値 C を暫定値として仮設定する

Step 3 : エリア間の均衡式を使い, p_{ij} を解く

Step 4 : 住宅需要と住宅供給の均衡式を使い, n_{ij} を解く

Step 5: 総人口の均衡式との人口偏差を求め, 偏差が小さくなるように均衡時の効用値 C を更新する

Step 6 : C が収束するまで Step3 に戻り計算する

なお, 本解法での解出力の保障はされていないが, 基とした (上田 2008) では上記均衡式に市場を介しない外部性が存在しないこと, 利用者の限界効用が同じであることで, 数理最適化問題に変換して解くことが出来ることを示している. 将来地域のモデル化をより広範囲にした場合にはこうした性質を使い, 数理最適化問題に変換して解くことも考えられるが, 本研究では簡易的に本解法を用い, 解出力を出すことにした. 後述のシミュレーション実験の際の効用値 C の収束状況例を図 4-2 に示す. 横軸は計算回数を示しており, 縦軸は効用値 C の暫定値を示している. 下記の例では, おおよそ 30 回程で収束していることが分かる.

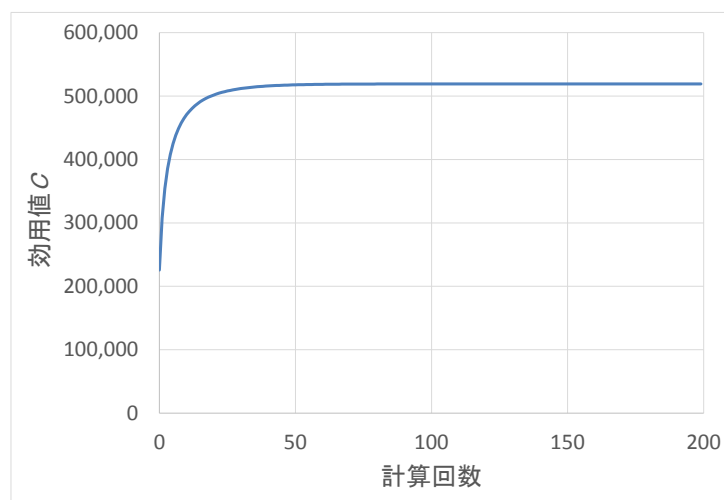


図 4-2 効用値 C の収束状況例

4.2.4 評価指標

本研究では, 公共交通中心社会の成立性を評価するため, 各エリアでの人口の偏差, および都心からの乖離度の 2 つの指標で比較することにした. 公共交通中心社会が目指すところとして, 郊外への人口の広がり, および効率的な土地利用があるためである. これらが不足した場合は, 例えば人口の偏差が小さければ, どのエリアも平均的に人が住んでおり, スプロール現象が起きている可能性がある. また都心からの乖離度が小さければ, 都心への人口集中が起きている可能性がある. 都心からの乖離度は, それぞれのエリアの人口に都心からの距離の 2 乗をかけたものとする. 具体的には式(17)で与えるものとする.

$$Diff = \sum_j \sum_i n_{ij} \cdot |x_{ij} - x_c|^2 \dots\dots\dots (17)$$

4.3 シミュレーション実験

提案手法では、公共交通中心社会の成立性を見るために、地域を簡易的にモデル化した。また均衡時は地域内で人口が一定になるとした上で、地域内の各エリアについて、土地の需給関数、および効用関数を説明し、その中で本研究の対象としている住居と移動の効用の重視具合について、具体的な定式化方法を説明した。本章ではこの提案手法を使い、公共交通中心社会の成立性について、シミュレーションによって確認する。以下、そのシミュレーション概要を示す。

4.3.1 対象地域

本研究では都心から郊外へ伸びる単純な長方形の地域を対象地域とした。前章で述べた地域のモデル化について、以下の通りに設定した。

表 4-1 対象地域の設定値

項目	設定値
対象地域の広さ	20km×7.5km
エリアの大きさ	500m×500m
鉄道の駅	5kmごと

また対象地域で鉄道の導入効果を示すために、鉄道と幹線道がある場合と、幹線道のみの場合の2つのケースを用意した。図 4-3は鉄道と幹線道がある場合の対象地域である。図中央部に鉄道が水平方向に走っており、鉄道の5kmごとに駅が配置されている。また鉄道の両脇に約2km離れて幹線道が2本存在している。対象地域の住民は鉄道と幹線道のどちらかを使い、都心に向かうものとしている。図 4-4は幹線道のみの場合を表している。図 4-3で鉄道だった部分が幹線道に変わっている。対象地域の住民は道路の混雑も考慮しながら、最も早く着く幹線道を使い、都心に向かうものとしている。

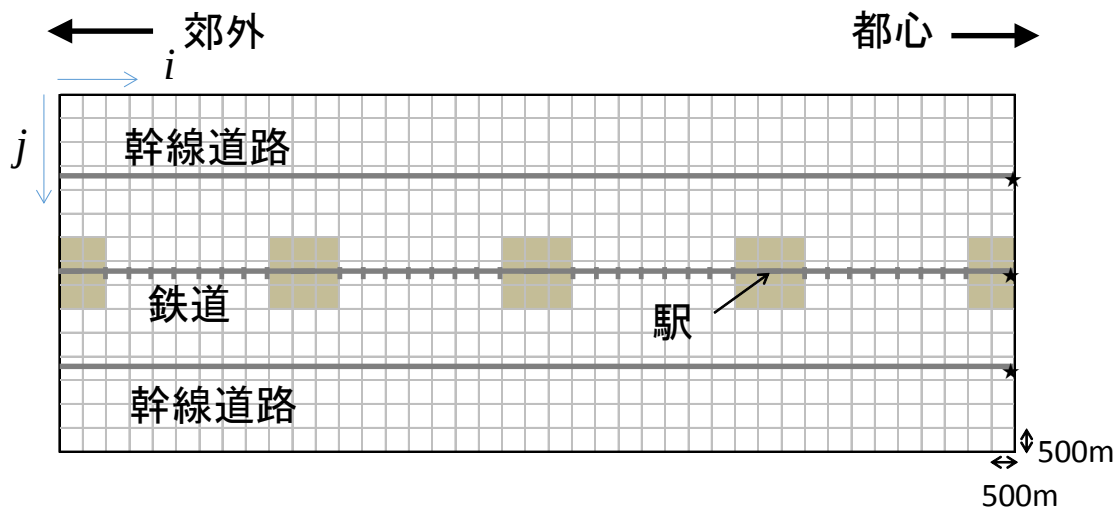


図 4-3 鉄道と幹線道がある場合の対象地域 (図 4-1 再掲)

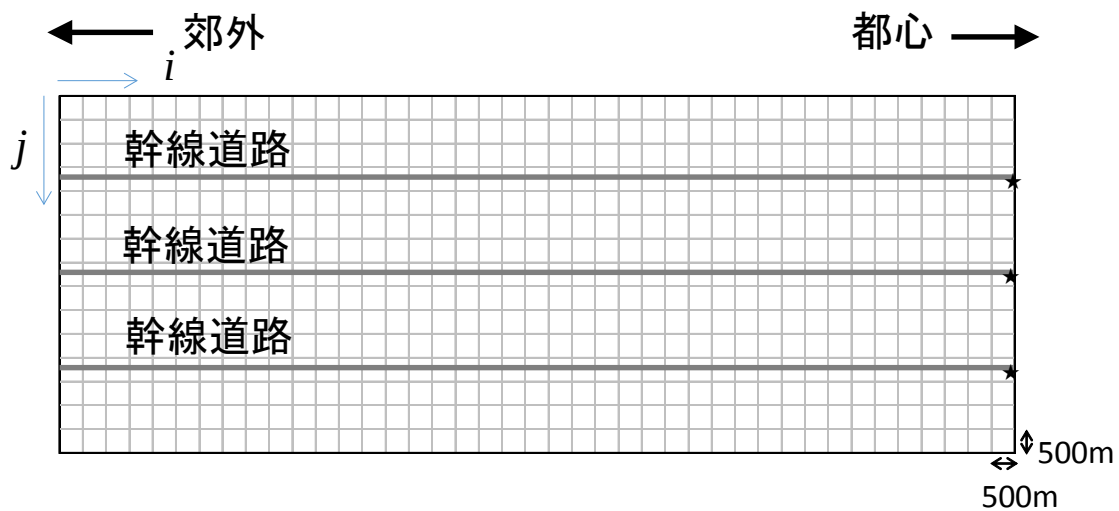


図 4-4 幹線道のみの場合の対象地域

4.3.2 均衡式

前述の 4.2.1 項で述べた各均衡式について、本シミュレーションでは以下の設定値を設定し、確認した。

4.3.2.1. 総人口

対象地域内の総人口は 15 万人とし、各エリアでの初期人口を 250 人とした。これは人口密度としては 1000 人/km²に該当する。

4.3.2.2. 住宅供給と住宅需要

住宅供給曲線と、一人辺り住宅需要曲線の設定値は表 4-2 および表 4-3 の通りに設定した。

表 4-2 住宅供給曲線の設定値

項目	設定値
S_0	-50
A_s	0.00025

表 4-3 住宅需要曲線の設定値

項目	設定値
a_d	224000
b_d	0.0107

設定値は、次の通りに求めている。住宅供給曲線は、エリア内（500m×500m）にて、居住コスト 10 万円/月で 200 軒の供給が発生し、居住コスト 2 万円/月で供給が無くなるものと仮定し、住宅供給曲線に当てはめて解いている。また住宅需要曲線は、日本の東急線沿線を参考に、通勤時間 10 分で居住コスト 20 万円/月、および通勤時間 60 分で、居住コスト 8 万円/月と設定し、ここに住宅需要曲線を当てはめて解いている。

4.3.2.3. エリア間の均衡

エリア間の均衡式の設定値は、移動に関するものと、居住に関する効用式のものがある。それぞれの設定値を以下と設定した。

表 4-4 エリア間の均衡における設定値

項目	設定値
列車平均速度	60km/h
幹線道路平均速度	20km/h
住宅地平均速度	10km/h
徒歩平均速度	5km/h

4.3.2.4. 移動に関する重視度と単位変換

本研究では以下に述べる 5 つのシナリオを実施した。その時の重要度 α は表 4-5 の通りに設定した。表の No.3 が初期状態（ $\alpha = 0.50$ ）を表しており、居住効用と移動効用の重要度比は 1:1 と等価なシナリオを示している。No.1 および No.2 は居住効用をより重視する場合を示しており、その時の重要度比はそれぞれ 2:1(2 倍の差)、3:2(1.5 倍の差)であり、その時

の重要度 α の設定値はそれぞれ $\alpha = 0.33$, $\alpha = 0.40$ となる。

表 4-5 重要度 α の設定内容

No.	項目	設定値	居住コストと移動時間の重要度比
1	居住効用をより気にする	0.33	2:1
2	居住効用を気にする	0.40	3:2
3	初期状態	0.50	1:1
4	移動効用を気にする	0.60	2:3
5	移動効用をより気にする	0.67	1:2

また、単位変換 β に関しては、住宅需要曲線にて設定した通勤時間 10 分で居住コスト 20 万円/月、および通勤時間 60 分で、居住コスト 8 万円/月から、時間と費用との関係が 1 分=2,400 円になることから、 $\beta = 2,400$ と設定している。

4.4 シミュレーション結果

以上設定した各種パラメータを使い、シミュレーションを行った結果を示す。

4.4.1 初期設定の場合

初期設定のパラメータ ($\alpha = 0.50$) でのシミュレーション結果を図 4-5 に示す。図の右側が都心であり、左側に郊外が延びている。図の上部にあるスケールは、色に対応する人口を示している。例えば人口が 350 人の場合は、緑色を示している。

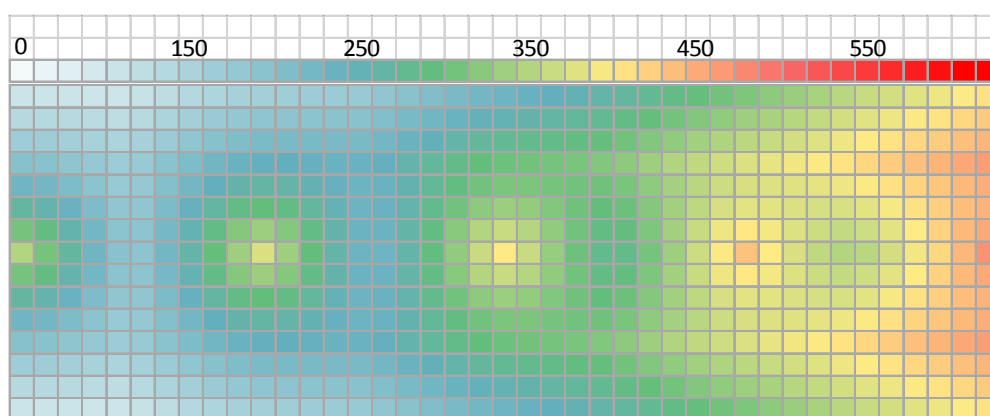


図 4-5 初期設定 ($\alpha = 0.50$) での鉄道+道路の場合の居住分布

図中の中央部分に点在して色が濃い部分が存在するが、これは駅周辺に多くの人々が住んでいることを示している。駅周辺に人口が集中していること、都心に近いところでも人口集中とそうでない部分が現れている。これは都心近くでも駅に遠く、幹線道路からも遠いところは徒歩時間が長いために、居住しにくくなっていることがうかがえる。

同じ初期状態のパラメータで，中央を走る鉄道を幹線道路にしたシミュレーション結果を図 4-6 に示す．先ほどの図 4-5 の結果と比較すると，鉄道による郊外への分散化が見られなくなっている．

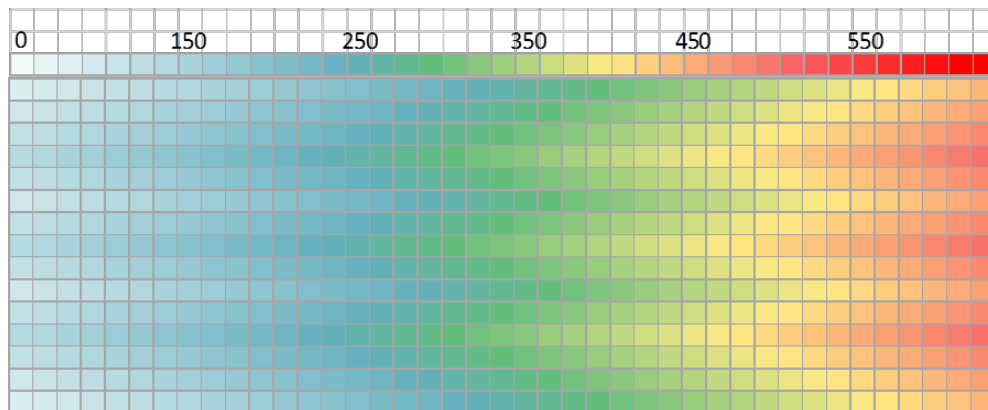


図 4-6 初期設定 ($\alpha = 0.50$) での幹線道路のみの場合の居住分布

これらの結果を比較するために，人口の偏差，および都心からの乖離度の測定結果を以下に示す．行方向はケースを現しており，本研究では道路＋鉄道，道路のみの 2 つのケースとしている．列方向は評価指標を現しており，人口の偏差と都心からの乖離度を表している．

表 4-6 鉄道＋道路と，道路のみの評価結果

	人口の偏差	都心からの乖離度
道路＋鉄道	83.0	181.6
道路のみ	104.7	154.5

この結果により，中央に鉄道がある場合には，人口の偏差は小さくなるが，都心からの乖離度は大きくなることが分かる．よって道路のみより公共交通中心社会が成立しやすいようになっていることが推測される．

4.4.2 居住効用を重視した場合

居住効用を重視した場合の人口分布結果 ($\alpha = 0.40$) を図 4-7 に示す．図 4-5 と同様に人口の高い部分を濃い色で表している．

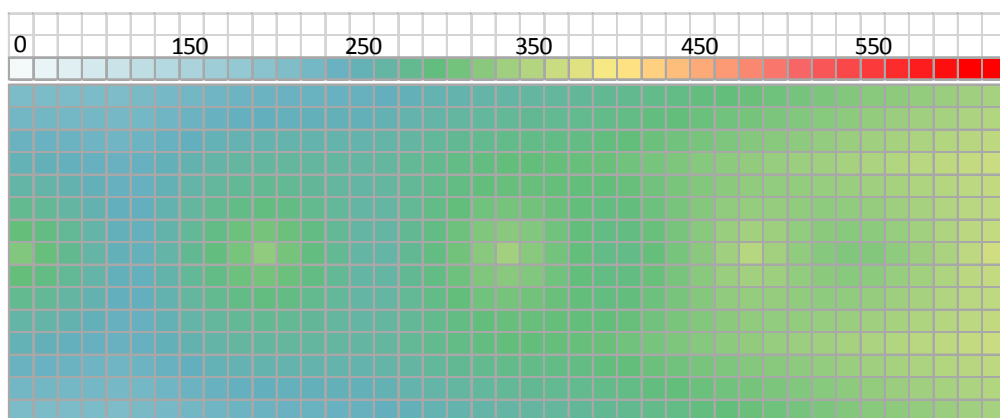


図 4-7 道路+鉄道で居住効用を重視した ($\alpha = 0.40$) の場合の居住分布

図 4-5と比較して，青色のエリアが広がっており，人口200人以上のエリアが全体的に増えていることが分かる．また，郊外に向けてより広く人口の高いエリアが広がっていることが分かる．

道路のみで居住効用を重視した場合を図 4-8に示す．

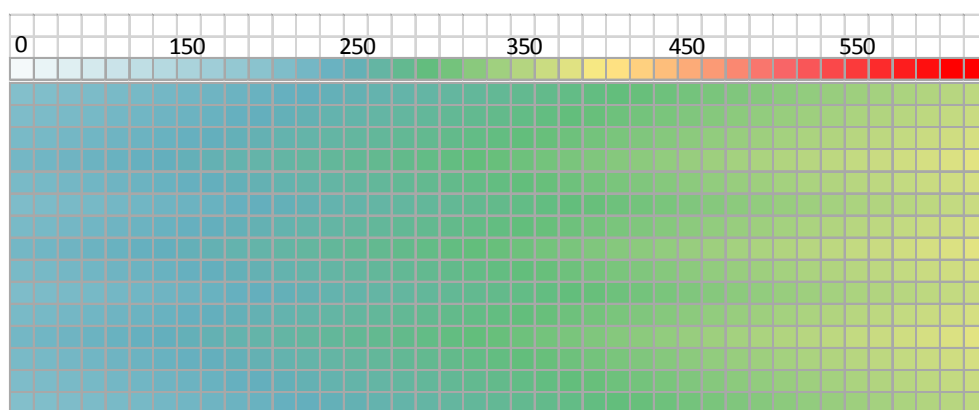


図 4-8 道路のみで居住効用を重視した ($\alpha = 0.40$) の場合の居住分布

こちらも図 4-7と同様に，人口が高いエリアが郊外の方に延びていることが分かる．これらの結果を評価指標で比較した結果を以下に示す．居住効用を重視した場合でも，鉄道+道路の方が人口の偏差は小さく，都心からの乖離度は大きいことがうかがえる．ただし，その差は小さくなっている．これにより，少なくとも初期状態より居住効用を1.5倍程度に増やしても，道路+鉄道の場合の方が，公共交通中心社会として望ましい分布になっているものの，差は小さくなっており，効果は小さくなっている．

表 4-7 居住効用を重視した場合 ($\alpha = 0.40$)

	人口の偏差	都心からの乖離度
道路+鉄道	35.9	216.0
道路のみ	45.2	204.3

さらに居住効用を重視した場合についても実施する。先ほどは居住効用を重視して ($\alpha = 0.40$) としていたが、さらに居住効用を重視して ($\alpha = 0.33$) とした。まずは道路+鉄道で居住効用をより重視した ($\alpha = 0.33$) の場合の居住分布の結果を図 4-9に示す。

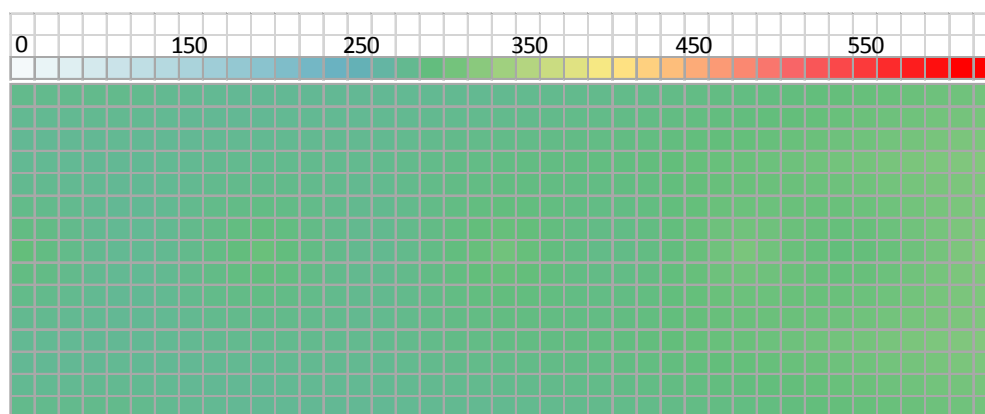


図 4-9 道路+鉄道で居住効用をより重視した ($\alpha = 0.33$) の場合の居住分布

ほぼ全体的に緑色の結果となり、どのエリアでもほぼ250人近辺の住民が住む結果となった。移動時間があまり考慮されなくなった結果、住民は人が住んでいないところ（居住コストが安くなるため、居住効用が高いところ）に移住するようになったと考えられる。

次に道路のみで居住効用をより重視した ($\alpha = 0.33$) の場合の居住分布を図 4-10に示す。これも図 4-9の結果と同様に人口の分布がほとんど均一となっている。

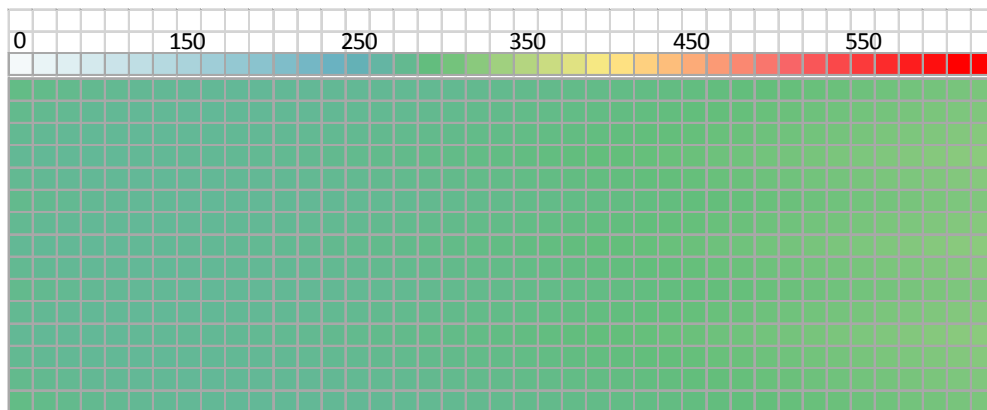


図 4-10 道路のみで居住効用をより重視した ($\alpha = 0.33$) の場合の居住分布

図 4-9および図 4-10の結果について、評価指標の算出結果を表 4-8に示す。見た目上ほとんど違いがなかった結果であったが、特に人口の偏差で違いが出ていることが分かる。また表 4-7と表 4-8で比較すると、居住効用をより重視した場合には、人口の偏差は減り、都心からの乖離度も上がり、全体としてどの土地も同じように使われ、スプロール化を誘引する状況になり得ることが分かった。

表 4-8 居住効用をより重視した場合 ($\alpha = 0.33$)

	人口の偏差	都心からの乖離度
道路+鉄道	10.5	234.9
道路のみ	13.3	232.3

表 4-7 と表 4-8 の比較結果から、公共交通中心社会として望ましい土地の利用がなされるためには、居住者は移動時間についてある程度高い関心があった方が良いことが分かった。

4.4.3 移動効用を重視した場合

移動効用を重視した場合 ($\alpha = 0.60$) の人口分布結果を図 4-11に示す。

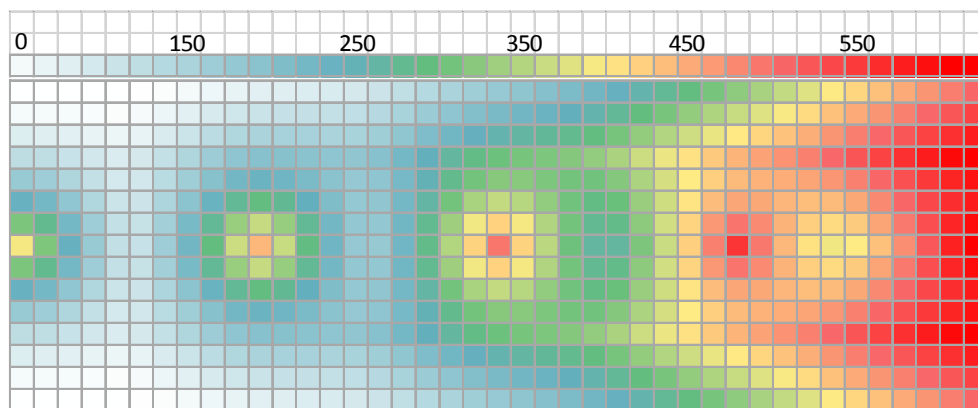


図 4-11 道路＋鉄道で移動効用を重視した場合 ($\alpha = 0.60$) の居住分布

図 4-5と比較すると，郊外で青色のエリアが減っていること，および都心近くで赤色のエリアが広域に広がっていることが分かる．地域内の総人口は変わっていないことから，住民は都心を好んで住むようになったことが分かる．住むエリアとしては，都心近くの幹線道路か，都心に近い駅周辺に住んでいることが分かる．

道路のみで移動効用を重視した場合を以下に示す．

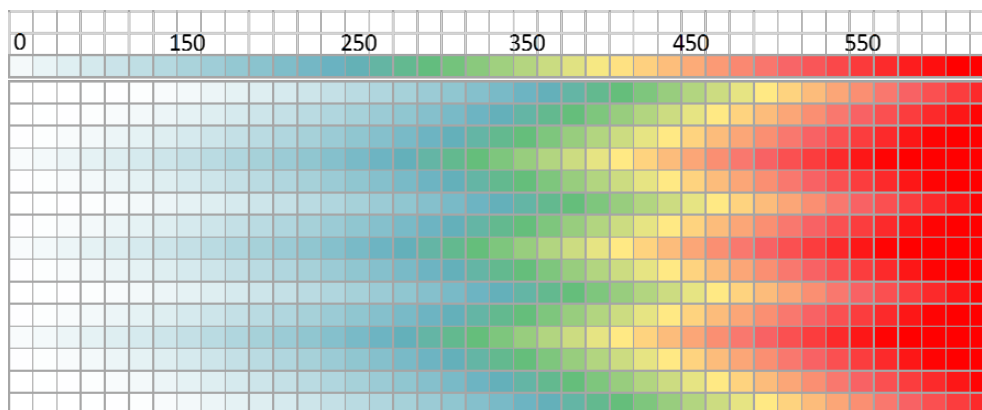


図 4-12 道路のみで移動効用を重視した場合 ($\alpha = 0.60$) の居住分布

こちらも図 4-6と比較して都心に向けて人口が集中していることが分かる．

これらの結果を評価指標で比較した結果を以下に示す．移動効用を重視した場合でも，鉄道＋道路の方が人口の偏差は小さく，都心からの乖離度は大きくなっている．そしてこれらの違いは初期状態のものより大きくなっており，鉄道導入効果はより高く出ていることが分かる．

表 4-9 移動効用を重視した場合 ($\alpha = 0.60$)

	人口の偏差	都心からの乖離度
道路+鉄道	144.9	137.7
道路のみ	179.5	96.5

さらに移動効用をより重視 ($\alpha = 0.67$) した場合は図 4-13に示す。

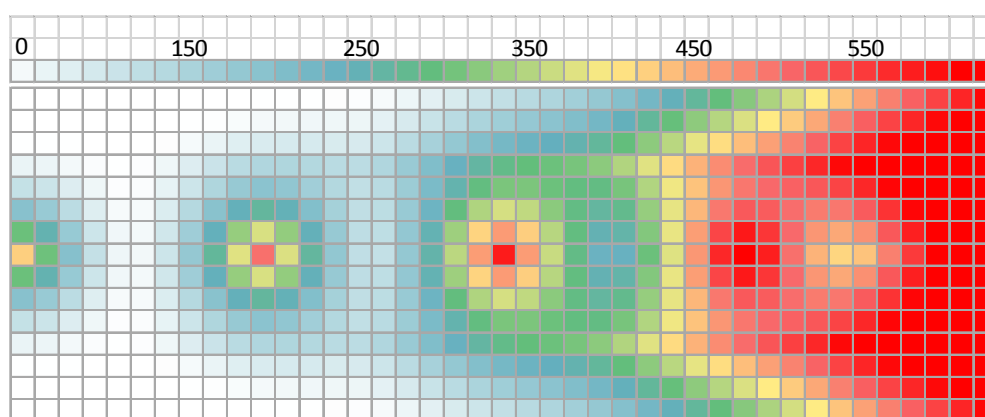


図 4-13 道路+鉄道で移動効用をより重視した場合 ($\alpha = 0.67$) の居住分布

図 4-11と比較すると、全体的に色塗り部が都心側に寄っていることが分かる。また都心近辺はより赤く、人口が高くなっていることがうかがえる。このことから移動効用を重視するにつれて都心への集中が顕著になっていくことが確認出来る。

また同様に道路のみで移動効用をより重視した ($\alpha = 0.67$) 場合は図 4-14に示す。図 4-12と比較して、やや色塗り部が都心側に移っている以外は、ほぼ同じ人口分布の結果となった。また図 4-13と比較すると道路+鉄道の場合には、鉄道の効果により郊外の駅周辺に居住するようになっていることが確認出来る。

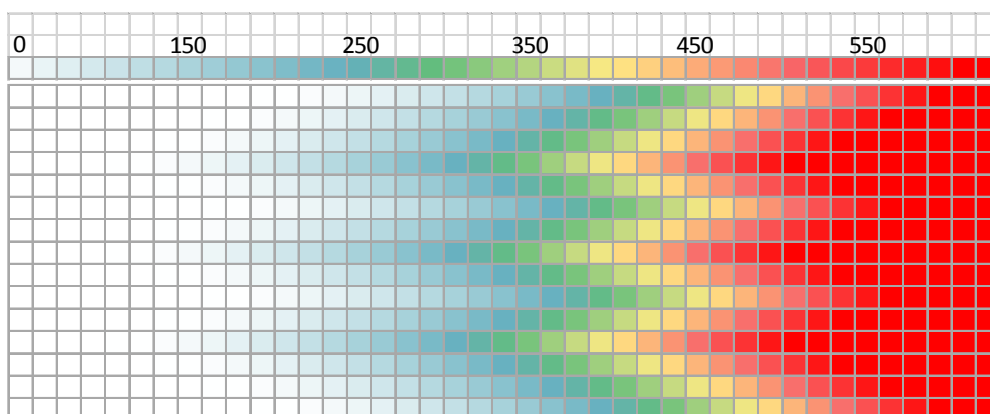


図 4-14 道路のみで移動効用をより重視した場合 ($\alpha = 0.67$) の居住分布

移動効用をより重視した場合 ($\alpha = 0.67$) について、評価指標の値をまとめたものを表 4-10 に示す。表 4-10では表 4-9と比較して、人口の偏差が50程大きくなっていることが分かる。また都心からの乖離度については、30程小さくなっていることが分かる。これらの結果を踏まえると、移動効用をより重視した場合は、住民は都心に近いところに住むようになり、都心の集中が発生すると考えられる。ただし道路+鉄道の場合には、都心からの乖離度を参照するに、その都心集中の傾向もある程度緩和出来ていることが分かる。

表 4-10 移動効用をより重視した場合 ($\alpha = 0.67$)

	人口の偏差	都心からの乖離度
道路+鉄道	197.0	104.2
道路のみ	234.4	64.2

4.5 感度解析

次に重要度 α の変化で偏差および乖離度がどの程度変化するかを調べるため、感度解析を実施した。その結果を表 4-11 および表 4-12 に示す。表 4-11 は鉄道と幹線道がある場合に重要度 α を変化させたときの感度解析結果である。表中のシナリオ列および重要度 α 列でシナリオの内容とその時の重要度 α の値を示している。偏差列、乖離度列は各シナリオでの人口の偏差、および都心からの乖離度を示している。 Δ 偏差列は初期状態方向のシナリオとの偏差の傾きを表している。シナリオ a の Δ 偏差は式(18)で求めている。

$$\Delta DEV_a = \frac{DEV_b - DEV_a}{\alpha_b - \alpha_a} \dots\dots\dots (18)$$

a, b : シナリオ番号

ΔDEV_a : シナリオ a の Δ 偏差

DEV_i : シナリオ*i*の人口の偏差

DEV_i : シナリオ*i*の人口の偏差

なおシナリオ *b* は, シナリオ *a* から見て初期状態方向にある最も近いシナリオとしている.
例えばシナリオ No.1 では, シナリオ *b* はシナリオ No.2 であり, シナリオ No.4 では, シナリオ *b* はシナリオ No.3 となる. Δ 乖離度列も同様に乖離度と重要度 α に基づき, 初期状態方向にある最も近いシナリオの乖離度との傾きを計算している.

表 4-11 鉄道と幹線道がある場合の感度解析結果

No.	シナリオ	重要度 α	偏差	乖離度	Δ 偏差	Δ 乖離度
1	居住コストをより気にする	0.33	10.5	235	360	-270
2	居住コストを気にする	0.40	35.9	216	471	-344
3	初期状態	0.50	83.0	182		
4	移動時間の長さを気にする	0.60	145	138	619	-439
5	移動時間の長さをより気にする	0.67	197	104	744	-479

表 4-11の結果から, 移動時間を気にしたシナリオの方が, Δ 偏差は大きくなることが分った. これにより住民が移動時間の長さを気にする場合には, 居住と移動時間の間の重要度を変化させる施策をうつと, 地域間での人口の偏りはより大きくなっていくことが推測される. 逆に居住コストを気にする住民が多い場合には, 居住コストと移動時間の間の重要度を変化させる施策をうつても, 比較的反応が小さくなることが推測される. 同様に Δ 乖離度についても, 移動時間を気にしたシナリオの方が Δ 乖離度は小さくなることが分った. これにより住民が移動時間の長さを気にする場合には, 居住コストと移動時間の間の重要度を変化させる施策をうつと, より郊外に住むようになることが推測される. 逆に居住コストを気にする場合には, 比較的郊外には移住しにくいことが推測される.

幹線道のみの場合の感度解析結果を表 4-12に示す. 表 4-11と同様に各シナリオにおける重要度 α , 人口の偏差, および乖離度に基づき, Δ 偏差, Δ 乖離度を求めている. 鉄道と幹線道がある場合と同様に, 幹線道のみの場合でも住民が移動時間の長さを気にする場合には, Δ 偏差が大きくなる傾向があることが分った. また Δ 乖離度については鉄道と幹線道がある場合と比べて, 値は大きく, 値の変化が少ないことが分った. ただし乖離度そのものは小さいため, これにより, 居住コストと移動時間の間の重要度を変える施策をうつ場合, 元々の重要度を正確に把握していないと, 効果のぶれが大きいことが推測される. 逆に鉄道と幹線道の場合は, 効果のぶれが小さく, 比較的安定的な効果が得られることが推測される.

表 4-12 幹線道の場合の感度解析結果

No.	シナリオ	重要度 α	偏差	乖離度	Δ 偏差	Δ 乖離度
1	居住コストをより気にする	0.33	13.3	232	456	-400
2	居住コストを気にする	0.40	45.2	204	595	-498
3	初期状態	0.50	105	155		
4	移動時間の長さを気にする	0.60	180	96.5	748	-580
5	移動時間の長さをより気にする	0.67	234	64.2	784	-461

以上を合わせると、移動時間の長さが気になる住民が多そうな場合には、居住コストと移動時間の重要度を変える施策をうつと効果があるものの、元々の居住コストと移動時間の間の重要度を正確に把握しておかないと、人口の偏差に対し効果がぶれやすいことが分った。また乖離度についても、重要度を正確に把握しておかないと、都市の乖離度に対し効果がぶれやすいこと、および幹線道の場合には、ぶれがより大きくなることが分った。

4.6 考察

本研究では、住民視点で公共交通中心社会の成立性を議論することに焦点をあて、そのために居住効用と移動効用の重視の違いについてモデル化し、シミュレーションによって移動効用の重視が、公共交通中心社会の成立性に影響を与えることを定量的に確認した。この移動効用の重視とは、実際の施策として何が該当するかを、本章にて整理する。

4.6.1 居住効用を重視する場合

地域住民が平均的に移動よりも居住を重視する場合としては、都心への移動があまり無い場合が考えられる。そもそも対象地域において都心への通勤・通学などの移動需要が無い場合は、幹線道路や、鉄道の近くに住む動機が発生しない。また例え通勤の移動需要があったとしても、比較的大きな家族で家族のほとんどが都心への移動が無かった場合は、住居の意思決定は弱くなることが考えられる。

これらを踏まえると、公共交通中心社会を実現させようとした時に、そもそも居住者（居住予定者）について、都心への移動需要がある程度見込めるのか、移動需要は1つの家庭の中で支配的になるのか、が少なくともポイントになるのではと考える。自治体の施策としては、道路や鉄道に対する投資、計画的な都市計画は当然行う必要があるが、それ以外にも都心の企業に対する居住地の支援、核家族に対する生活支援策などを打つことで、公共交通中心社会はより成立しやすくなるものと考えられる。

4.6.2 移動効用を重視する場合

地域住民が平均的に居住よりも移動を重視する場合としては、日々の生活に移動が重要な位置を占めている場合が考えられる。昼は殆ど都心、就寝や休日は郊外となる生活が考

えられる。こうした場合は、シミュレーション結果にもある通り、住民はなるべく移動時間が短くなるよう、都心に近いところに住むことが考えられる。こうした場合は確かに鉄道が入ることで公共交通中心社会にはなり易いという結果になったが、同時に都心への集中が起こりやすいという結果がシミュレーションで得られていた。

これらを踏まえると、公共交通中心社会は成立しやすいものの、郊外に人を分散させるためには、より高速で便利な公共交通を通していく必要があると考えられる。具体的には列車平均速度の向上、急行などの速達列車の充実化などが考えられる。自治体の施策としては、公共交通機関の改良に対する補助金施策などを打つことで、より郊外に広がる公共交通中心社会になるものとする。

4.7 おわりに

本研究では主に土地利用視点での土地利用評価に焦点を当て、交通モーダルシフトによって、土地利用が公共交通を中心とした街並みに変わるかを定量評価する評価手段を検討した。その結果、2つの人口の偏差、都心からの乖離度という2つの評価指標を導入し、土地利用分布の比較が視覚に頼らずに定量的に比較出来るような評価手段を得た。また応用都市経済モデルをベースとし、効用の違いが土地利用にどう影響を及ぼすか定量評価モデルを構築した。これら評価指標、定量評価モデルを使うことで、住民の効用変化によって土地利用変化がどう変わるか、定量比較することが可能となった。また感度解析を用いることで、いくつか初期値を変えて複数のシミュレーションを行い、出力の評価指標の値から評価結果の確からしさを確認することが出来た。さらに、本評価指標や定量評価モデルは、国や横浜市周辺の統計情報を使い動かすことが出来ることを確認した。これにより民資本参画の際の検討負荷の削減、交通モーダルシフトをより成功に導くための提案などが出来るようになったと考える。

第5章 結論

本研究では、公共交通中心社会の実現に向けた街づくりに関し、今後国や都市が成熟し税収が頭打ちになる中、社会インフラを維持更新していくためには、国や自治体だけでなく、民間資本の参画が必要であることを説明した。次に民間で街づくりに参画していくためには、郊外化が終わりを迎えようとしている都市を見つけ、民間が交通事業者として推進する場合の事業性評価や、街づくりへの貢献を事前評価していくことが必要と述べた。これらを勘案して本研究の目的として、交通事業者の事業性評価について(1)交通事業者の投資対効果を費用便益として算出する定量評価モデルを構築すること、および土地利用評価として、(2)街並みが公共交通沿線に居住地が集まるようになるのか、定量評価する評価手段を構築することを挙げた。また上記モデルや手段は多くの都市で使えるよう、(3)なる

べく都市の統計情報のみで使用出来るものを目指すことも目的と挙げた。これらの目的に対し本研究では、公共交通中心社会の1つの施策である交通モーダルシフトを対象とし、本研究の課題として、次の3点を定めていた。(1)事業性評価：交通モーダルシフトの事業性を、住民、自治体、交通事業者、およびこれらステークホルダ全体で定量比較出来るように、それぞれの費用便益として定量評価するモデルを構築する。(2)土地利用評価：交通モーダルシフトによって、土地利用が公共交通を中心としたものに変化し得るか比較評価出来るような、定量評価手段を構築する。(3)統計情報に基づいた判断：交通モーダルシフトの効果について、多くの都市で容易に得られる統計情報に基づいて、事前評価出来るようにする。本章では結論として、5.1節にてこれらの研究の課題に対する成果について説明する。次に5.2節では本研究を通して判明した今後の課題について説明する。

5.1 本研究の結論

本研究の結果を研究の課題のそれぞれについて、本研究の成果を説明する。

(1)事業性評価

事業性評価の研究の課題は、交通モーダルシフトの事業性を住民、自治体、交通事業者、およびこれらステークホルダ全体で定量比較出来るように、それぞれの費用便益として算出する定量評価モデルを構築することであった。これに対し本研究では、他の道路建設やロードプライシングの施策と比較し、住民、自治体、交通事業者、およびこれらを合わせた全ステークホルダの点で施策効果が比較可能な評価モデルを構築出来た。また感度解析を用いることで評価結果の確からしさも確認出来るようになった。これにより民間資本の参画検討の際に、民間が交通モーダルシフトのサービス提供や、交通事業者として参画した場合には、主に交通事業者の便益評価結果を参考にすることで、事業性評価が出来るようになった。また交通局の視点では、交通事業者として交通モーダルシフトを実施したときの事業性評価が行えるようになった。更に都市計画局の視点では、交通モーダルシフトが他の施策と比較して投資対効果があるのか、また都市全体として全体的に便益は向上するのか、評価出来るようになった。

(2)土地利用評価

土地利用評価の研究の課題は、交通モーダルシフトによって、土地利用が公共交通を中心としたものに変化し得るか比較評価出来るような、定量評価手段を構築することにあった。これに対し本研究では、2つの人口の偏差、都心からの乖離度という2つの評価指標を導入し、土地利用分布の比較が視覚に頼らずに定量的に比較出来るような評価手段を得た。これにより土地利用の観点で交通モーダルシフトが有効な場合を探索する際に、人の視覚に頼らずに定量比較が出来るようになった。また感度解析を用いることで、いくつか初期値を変えて複数のシミュレーションを行い、出力の評価指標の値をもとに、評価結果

の確からしさを確認出来るようになった。これにより民資本参画の際の検討負荷の削減、交通モーダルシフトをより成功に導くための提案などが出来るようになった。

(3)統計情報に基づいた判断

統計情報に基づいた判断の研究の課題は、交通モーダルシフトの効果について、多くの都市で容易に得られる統計情報に基づいて、事前評価出来るようにすることにあった。これに対し本研究では、(1)事業性評価で構築した評価モデルについて、豊田市が公開する統計情報、および国の統計情報のみで評価が行えることを確認した。また(2)土地利用評価の評価指標については、横浜市が公開する統計情報、および国の統計情報のみで評価が行えることを確認した。

以上述べた本研究の成果について、研究の課題との対応状況を示したものを表 5-1 に示す。本研究で挙げた研究の課題に対し、それぞれ成果を挙げられたことが分かった。

表 5-1 本研究の結論

研究の課題	本研究の成果
(1)事業性評価 交通モーダルシフトの事業性を、住民、自治体、交通事業者、およびこれらステークホルダ全体で定量比較出来るように、それぞれの費用便益として定量評価するモデルを構築する	他の道路建設やロードプライシングと比較し、住民、自治体、交通事業者、全ステークホルダの点で施策効果が比較可能な評価モデルを得た
(2)土地利用評価 交通モーダルシフトによって、土地利用が公共交通を中心としたものに変化し得るか比較評価出来るような、定量評価手段を構築する	土地利用に対し、2つの評価指標で土地利用分布の比較が視覚に頼らずに定量的に比較出来るような評価手段を得た
(3)統計情報に基づいた判断 交通モーダルシフトの効果について、多くの都市で容易に得られる統計情報に基づいて、事前評価出来るようにする	豊田市、横浜市周辺の統計情報を使うだけで、施策評価が行えるモデルが出来たことを確認した

5.2 今後の課題

本研究ではモデル化の際に、事業者の費用便益や住民の効用、および環境について前提をいくつか入れて実施していた。事業者の費用便益については、道路建設、ロードプライシング、交通モーダルシフトを実施する際の構造物、設備、情報システムの維持費用は、それぞれの初期費用を減価償却期間で分割したものと、それぞれの運営費のみで計算したが、例えば借入金に対する年間返済額等もあり、より詳細な事業性評価を出来るようにしていく必要がある。

住民の効用では居住コストと都心への移動時間のみを対象とし、その 2 点のみを移転の判定基準としていたが、実際に住居を決める際には、周辺の治安、騒音等の環境条件、家

族の就学など様々な要因が絡むはずである。例えば家族の就学については、コーホート分析結果を用い、移転の確率をモデルに組み込むことで、交通モーダルシフトの施策を行った結果、何年後に土地利用変化が進んでいくか評価出来るようになる。

環境としては、対象都市や対象地域に対し総人口は変わらないという前提をおいていた。Klaassen の都市発展段階説でも示されている通り、都市や地域の総人口の変化が少ない時期は成長段階の一時期にしか過ぎない。今後は人口増加がある都市化の段階、人口減少がある逆都市化の段階でも評価出来るようなモデル化が必要となる。新興国を中心に世界各地で都市化が進んでおり、都市化での評価は多くの都市で必要になってくると思われる。また日本の地方で見られ始めた逆都市化の評価は、税収が限られていく中で必要性がより増していくと思われる。今後はそれらの詳細なモデル化を検討し、より細かい評価が行えるようにしていく。

謝辞

本論文は東京工業大学総合理工学研究科知能システム科学専攻の寺野隆雄教授のご指導の下，取りまとめたものになります．ご多忙の中にも関わらずご指導とご鞭撻を頂いたことに心から感謝致します．また本論文をまとめるにあたり，知能システム科学専攻の新田克己教授，出口弘教授，高安美佐子準教授，小野功教授には，読みにくい拙稿に目を通して頂きながら，細部に渡り丁寧なご指導を頂いたことに厚くお礼を申し上げます．

また本学への研究活動にご理解，およびご協力頂いた，勤務先の株式会社日立製作所研究開発グループの加藤博光部長，尾崎友哉研究主幹をはじめ職場の皆様には，長年に渡りご協力頂いたことに感謝致します．平澤茂樹様，鮫嶋茂稔様，福本恭様には都市交通分野への研究の道筋をつけて頂き，本間弘一様，橋本博文様，小牧大輔様，齊藤元伸様には研究内容の議論やシミュレータ開発にご協力頂き，深くお礼を申し上げます．

2009 年に本学に入学して以来，吉川厚教授，國上真章特別研究員をはじめ，寺野研究室のメンバーには大変お世話になりました．皆様からは研究活動を通して，皆様のご専門，ご経験に基づいた様々なご意見を頂くことが出来ました．心から感謝致します．

最後に，研究活動期間中，励ましや助言をくれた友人，および研究活動を長きに渡り支えて頂いた妻，薫に感謝致します．今後とも培った研究をもとに更に研鑽を進めていきたいと思います．有難うございます．

2016 年 2 月

参考文献

- [1] Abigail Thorne-Lyman, Jeff Wood, Sam Zimbabwe, Dena Belzer, Shanti Breznau, Nadine Fogarty, Thomas Brennan, Jeffrey Tumlin and Christopher Yake(2011); Transit-Oriented Development Strategic Plan, Metro TOD Program, pp.1-84
- [2] Blanca Fernandez Milan(2015); How participatory planning processes for transit-oriented development contribute to social sustainability, Journal of Environmental Studies and Sciences, Springer
- [3] Chen Yang, Wei Wang, Jian Lu and Qian Wan(2008); A Research on Adaptive Transit Combined with Transit-Oriented Development for Small and Medium-Sized Cities, International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), pp305-310
- [4] Dan XiONG, Da LEI, Jianjun Wang, Yue QIU and Huifang LIU(2012); The Research of Sustainable Transportation Development in New Urban Areas Under TOD Mode, 9th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM), pp.701-705
- [5] David Bragdon(2008); オレゴン州ポートランド接続可能性への地域的取り組み, 竹之下 健康維持増進住宅研究コンソーシアム設立総会, pp.1-24
- [6] Feng Zhang and Li Lin(2011); TOD-China Revisited: A Travel Outcome-based Perspective, 5th International Association for China Planning Conference (IACP), pp.1-7
- [7] Government Accountability Office(2009); Affordable Housing in Transit-Oriented Development; Key Practices Could Enhance Report Collaboration Efforts between DOT-FTA and HUD, pp.1-66
- [8] Justin Price Jacobson(2010); Japanese Transit-Oriented Development: The Framed Market and the Production of Alternative Landscapes, A Dissertation Submitted to the Faculty of The Graduate School of The University of Minnesota, pp.1-339
- [9] Jennifer Dill(2008); Transit Use at Transit-Oriented Developments in Portland, Oregon, Area, Transportation Research Board, No. 2063, pp.159-167
- [10] Kenneth J. Dueker and Martha J. Bianco(1999); Effects of Light Rail Transit in Portland: Implications for Transit-Oriented Development Design Concepts, the 1999 Annual Meeting of the Transportation Research Board, pp.1-32
- [11] Kojin Yano, Hirobumi Hashimoto, Takao Terano(2015); Proposing a Transit Oriented Development Model Through sensitivity Analysis of the resident's utility function, Journal of Advanced Computational Intelligence & Intelligent Informatics(JACIII)(2015 年 12 月 11 日採録)

- [12] Mansoureh Jeihani, Lei Zhang, Anam Ardeshiri, Arash Amiri, Arefeh Nasri, Kiana Roshan Zamir and Babak Baghaei(2013); Development of A Framework for Transit Oriented Development (TOD), State Highway Administration Research Report, pp.1-90
- [13] Masahiko Kuwahara, Masahiko Yoshioka, Shimazaki Keiko Ikegami, Jun Yamazaki and Takeshi Hashimoto(2013); Simulation for Operating Additional Buses based on Demand in Toyota City Low-Carbon Society Verification, 20th ITS World Congress No.3103
- [14] Michael S. Townes(2004); Transit Oriented Development in the United States: Experiences, Challenges, and Prospects, Transit Cooperative Research Program(TCRP) Report102, Transportation Research Board, pp.1-481
- [15] Oliver Ling Hoon Leh, Ting Kien Hwa, Dasimah Omar, Jamalunlaili Abdullah and Tee Szu Fong(2010); Transit Oriented Neighborhood for Better Environmental Health, International Conference on Science and Social Research (CSSR), pp.516-521
- [16] Pasquale Colonna, Nicola Berloco, and Giovanni Circella(2012); The Interaction between Land Use and Transport Planning: a Methodological Issue, Social and Behavioral Sciences 53, pp.84-95
- [17] Robert Cervero(1993); Development in the United States: Experiences and Prospects, Federal Transit Administration, pp1-234
- [18] Takayuki Ueda, Morito Tsutumi, Shinichi Muto and Kiyoshi Yamasaki(2013); Unified Computable Urban Economic Model, The Annals of Regional Science, vol 50, issue 1, pp341-362
- [19] Transportation for America(2010); Smart Mobility for a 21st Century America, pp.1-39
- [20] United States Environmental Protection Agency(2010); Guidelines for Preparing Economic Analysis, pp.1-300
- [21] Vincent 藤井 由美(2011); ストラスブールのまちづくり, 学芸出版社
- [22] Vincent 藤井 由美(2014); フランス地方都市の『交通と一体的に進めるまちづくり』－「住みやすい楽しいまち」実現への道程を, 今後の日本の参考に－, 土木学会誌 第99巻第8号, pp.12-13
- [23] Yoshinori Takahashi(2009), Public Transport for Shopping: An Analysis on The Interaction between Intrinsic and Derived Demand, 11th Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport, pp.1-7
- [24] Yukimasa Tsubota, Y., Hirao, N. and Kawashima, H.(2003); The Evaluation of Road Pricing for the Tokyo Metropolitan Area with Respect to the Environment,

International Congress on Modelling and Simulation, pp.1-6

- [25] 愛知県建設部建設企画課(2010); (事後評価書) 道路事業 (国道 301 号), 愛知県建設部建設企画課 (オンライン), 平成 22 年度第 5 回愛知県事業評価監視委員会, 入手先
〈<https://www.pref.aichi.jp/kensetsu-kikaku/hyoka/H22/5th/gaiyou05.html>〉 (参照 2014-07-10).
- [26] 秋山孝正, 井ノ口弘昭(2011); 人工社会モデルを用いた運輸部門の自律的低炭素化の可能性に関する研究, 土木計画学研究・講演集 Vol43
- [27] 井上健二(2010);公共交通先進都市 ポートランドに学ぶ, 市町村職員人材プログラム「東京財団週末学校」, 東京財団, <http://www.tkfd.or.jp/topics/detail.php?id=222>
- [28] 井上紳一, 中村毅一郎, 森田綽之, 松井浩, 森尾淳(2004); 首都圏における BPR 関数の推定, 土木計画学研究・講演集 Vol.29, pp.1-2
- [29] 上田孝行, 堤盛人, 武藤慎一, 山崎清(2008);わが国における応用都市経済モデルの特徴と発展経緯ー, 応用地域学会,pp.1-21
- [30] 上田孝行(2010); EXCEL で学ぶ地域・都市経済分析, コロナ社
- [31] 大野寛之, 林田守正, 工藤希, 水嶋教文(2011), 統合的なモーダルシフトへ向けた取り組み, 独立行政法人交通安全環境研究所
- [32] 奥平耕造(1976); 都市工学読本ー都市を解析する, 彰国社
- [33] 加藤浩徳, 山内弘隆(1999); ロンドンへのロードプライシング導入に関する関係主体間の議論, 運輸政策研究, Vol.2 No.2, pp.33-41
- [34] 川上洋司, 大塚全一, 藤倉規雄(1985); 郊外鉄道駅周辺における道路網形態と居住人口密度分布の関係について, 土木計画学研究・論文集 Vo.2, pp.77-84
- [35] 木内徹(2014); 阪急電鉄と沿線の地域開発, 土木学会誌 第 99 巻第 8 号, pp.6-7
- [36] 北島遼太郎, 城所哲夫, 瀬田史彦(2015); 構成要素の観点から見るバンコクにおける公共交通中心指向型開発の実態に関する研究, 都市計画論文集, Vol.50, No.3, 日本都市計画学会, pp.568-573
- [37] 倉内慎也, 永瀬貴俊, 森川高行, 山本俊行(2005); 公共交通利用に対するポイント制度「交通エコポイント」の導入が意識・行動変化に及ぼす影響の基礎的分析, 土木計画学研究・講演集 Vol31 , p142-145
- [38] 栗田治(2013); 都市と地域の数理モデル, 共立出版
- [39] 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部(2015); 官民 ITS 構想・ロードマップ 2015～世界一安全で円滑な道路交通社会構築に向けた自動走行システムと交通データ利活用に係る戦略～, pp.1-51
- [40] 国税庁(2008); 耐用年数表, 入手先
〈https://www.keisan.nta.go.jp/survey/publish/34255/faq/34311/faq_34353.php〉 (参照 2015-12-21)
- [41] 国土交通省(2013); 国土交通白書 2013

- [42] 国土交通省交通局(2012); 鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル, pp.112-113
- [43] 国土交通省総合政策局(2014); 多様な民間事業者の参入に向けてー公共施設等運営権制度の活用ー, pp.1-30
- [44] 国土交通省道路局(2008a); 交通需要等に関する近年の動向, 道路の将来交通需要推計に関する検討会 第1回 会議資料 5, p.4
- [45] 国土交通省道路局(2008b); 費用便益分析マニュアル, pp.7-14
- [46] 小林健太郎(2014), 都市の再開発過程に関する理論的考察 1ー都市の発展過程ー, 明星大学経済学研究紀要, Nov45, No.2, pp.35-43
- [47] 竹田理恵, 森本章倫, 古池弘隆(2005); 商業開発を考慮した公共交通指向型開発の提案, 土木計画額研究・講演集 Vol.32, pp.1-4
- [48] 谷口忠大, 高橋佑輔(2011); 交通行動の居住地選択行動への影響を仮定した都市動態のマルチエージェントシミュレーション, 計測自動制御学会論文集 Vol.47, No.11, pp.571-580
- [49] 谷口守(2009), コンパクトシティと TOD をめぐる計画論, 都市計画 Vol.58, No.5, pp.5-8
- [50] 谷口守(2014); 入門 都市計画 都市の機能と街づくりの考え方, 森北出版株式会社
- [51] 寺田一薫, 寺田英子(2014); 英国の需要応答型輸送(DRT)によるアクセシビリティの確保に関する一考察, 公益事業研究, 第66巻第一号, pp.19-29
- [52] 東京都(2002); ロードプライシング検討委員会報告書の概要(全編), 東京都(オンライン), 東京都ロードプライシング検討委員会報告書, pp.6, 入手先
(<http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/vehicle/attachement/road-pricing-brief.pdf>) (参照 2014-07-10)
- [53] 東京都環境局(2014); ロンドンの混雑課金制度, 東京都環境局(オンライン), 入手先
(<http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/vehicle/management/price/country/london.html>) (参照 2014-07-10)
- [54] 独立行政法人日本高速道路保有・債務返済機構(2012); ロードプライシングによる渋滞緩和と交通整備財源の確保, 独立行政法人日本高速道路保有・債務返済機構 海外調査報告書 No.13
- [55] 土木学会(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, 丸善
- [56] 豊田市(2010); 平成22年度版豊田市統計書, pp.258-273.
- [57] 豊田市(2013); 平成25年度当初予算のまとめ, 豊田市(オンライン), 予算説明資料, pp.3, 入手先
(<http://www.city.toyota.aichi.jp/division/an00/an02/1251566/h25matome.pdf>) (参照 2014-07-10)
- [58] 豊田市交通まちづくり推進協議会(2011); 豊田市交通まちづくりの目標値設定根拠, 平

成 23 年度 第 2 回協議会資料 6, pp.1

- [59] 豊田市交通まちづくり推進協議会(2012); 豊田市交通まちづくり行動計画 (案), pp.2
- [60] 豊田市都市整備部交通政策課(2005); 豊田市の交通網と公共交通利用状況, 平成 17 年度第 3 回公共交通会議資料, 資料 4(4), 豊田市都市整備部交通政策課 (オンライン), p.26, 入手先 <<http://www.city.toyota.aichi.jp/shingikai/aj/44/1703siryou044.pdf>> (参照 2014-07-10)
- [61] 豊田市都市整備部交通政策課(2010); 社団法人日本交通計画協会広報誌 都市と交通, 通巻 82 号, p.10
- [62] 内閣府 (2014); PFI 事業民間提案推進マニュアル, 内閣府, 入手先<<http://www8.cao.go.jp/pfi/tsuutatsu.html>> (参照 2016-01-20)
- [63] ナイジェル・ギルバート, クラウス・G・トロイチュ著, 井庭 崇, 岩村 拓哉, 高部 陽平, 訳(2003); 社会シミュレーションの技法 政治・経済・社会をめぐる思考技術ノフロンティア, 日本評論社
- [64] 中村文彦(1998); 公共交通を活用した都市開発の適用可能性に関する基礎的研究, 国際交通安全学会誌, Vol.24, No.1, pp.17-24
- [65] 西浦定継(2013); 米国におけるコンパクトシティをめざした都市政策, 土地総合研究 2013 年春号, p.55-64
- [66] 原祐輔, 高見淳史, 原田昇, 大森宣暁(2007); ポートランド都市圏における土地利用・交通計画の連携～TOD プログラムを中心に～, 土木学会全国大会 第 62 回年次学術講演会, CD-ROM
- [67] 日端康雄(2008); 都市計画の世界史, 講談社現代新書 1922, 講談社
- [68] 福田正, 遠藤孝夫, 武山泰, 堀井雅史, 村井貞規(1994); 交通工学 第 3 版, 朝倉書店
- [69] 藤井聡, 谷口綾子(2008a); モビリティ・マネジメント入門, 学芸出版社
- [70] 藤井聡(2008b); 交通行動が居住地選択に及ぼす影響についての仮説検証: コンパクト・シティへの誘導に向けた交通政策に関する基礎的研究, Vol.43, No.6, pp.53-62
- [71] 牧野夏樹, 中川大, 松中亮治, 大庭哲治(2010); 都市の人口規模に着目したコンパクトシティ施策の効果に関する研究, 土木計画学研究・論文集 Vol.27 No.2, pp.345-353
- [72] 増岡義弘, 橋本成仁, 山崎基浩, 石川要一(2005); 豊田市における TDM 社会実験実施による自動車から鉄道への転換に関する分析, 第 32 回土木計画学研究発表会・講演集 12 月 5 日 (月) 9:00-10:30 VIII 都市交通 I, pp.1
- [73] 松井寛, 藤田素弘(2001); 大都市圏道路網を対象とした拡張型利用者均衡配分モデルの開発とその実用化, 土木計画学研究・論文集, No.17, pp15-28.
- [74] 松橋啓介, 工藤祐揮(2009); 低炭素都市の実現に向けた LRT の役割, 国際交通安全学会 IATSS Review, 第 34 巻 2, pp. 39-46
- [75] 村上敦(2014); フライブルグのまちづくりーソーシャル・エコロジー住宅地「ヴォーバン」の事例からー, 土木学会誌 第 99 巻第 8 号, pp.20-21

- [76] 山形与志樹, 瀬谷創, 中道久美子(2011); 土地利用モデルを用いた東京都市圏の土地利用シナリオ分析, 環境科学会誌 No.24(3), pp169-179
- [77] 山崎清, 武藤慎一, 上田孝行, 助川康(2005); 東京圏における応用都市経済モデルの適用, 土木計画学研究・講演集, Vol. 31, pp.1-4
- [78] 矢野浩仁, 橋本博文, 福本恭, 寺野隆雄(2015); 適応型モーダルシフトに対するシステム評価, 情報処理学会論文誌(ジャーナル), Vol.56(1), pp.35-45
- [79] 大和裕幸, 坪内孝太, 稗方和夫(2007); オンデマンドバスのためのリアルタイムスケジューリングアルゴリズムとシミュレーションによるその評価, 運輸政策研究, Vol.10, No.4, pp.2-10
- [80] 横浜市(2015); 横浜市統計ポータルサイト<<http://www8.cao.go.jp/pfi/tsuutatsu.html>> (参照 2015-10-20)

以上

業績目録

査読付原著論文

- ・ 矢野 浩仁, 川上賢一郎, 本間弘一(2005); 地域ネットワークコミュニティにおけるロコミ情報の評価法に対する検証, 情報処理学会論文誌(ジャーナル), Vol.46(1), pp.765-771
- ・ 船橋誠壽, 本間弘一, 佐々木敏郎, 佐藤嘉則, 木戸邦彦, 福本恭, 矢野浩仁(2006); 2010年ユビキタス情報社会における社会技術的な課題の抽出, 電気学会論文誌C, Vol.126, No.7, pp.897-903
- ・ 本間弘一, 矢野浩仁, 船橋誠壽(2010); 2-sided サービスの社会普及モデル, 電気学会論文誌. C, 電子・情報・システム部門誌, Vol. 130, No.2, pp.324-331
- ・ 矢野浩仁, 橋本博文, 福本恭, 寺野隆雄(2015); 適応型モーダルシフトに対するシステム評価, 情報処理学会論文誌(ジャーナル), Vol.56(1), pp.35-45
- ・ 小牧大輔, 矢野浩仁, 福本恭(2015); 鉄道路線網における電力資源の最適分配方式, 電気学会論文誌 D (産業応用部門誌), Vol.135, No.5, pp481-487
- ・ Kojin Yano, Hirobumi Hashimoto, Takao Terano(2015); Proposing a Transit Oriented Development Model Through sensitivity Analysis of the resident's utility function, Journal of Advanced Computational Intelligence & Intelligent Informatics(JACIII)(2015 年 12 月 11 日採録)

国際学会発表

・ Kojin Yano, Hirobumi Hashimoto, Takao Terano;(2015); Proposing a Transit Oriented Development Model Through sensitivity Analysis of the resident's utility function, International Workshop on Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics 2015 Part II(IWACIII Part II)

国内学会発表

・矢野浩仁 , 牧野和久 , 茨木俊秀(1994); 正理論関数の部分データに基づく正決定木の構成について(組み合わせ最適化(3)), 日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会アブストラクト集 1994, pp.122-123

・ 牧野和久 , 矢野浩仁 , 茨木俊秀(1995); 部分定義論理関数の正論理関数と Horn 関数における関数分解について, 電子情報通信学会技術研究報告. COMP, コンピューテーション 95(126), pp.1-10

・ 安保徳央, 赤地靖彦, 松井崇行, 矢野浩仁, 三浦雄司(2003); 新 ATC 対応運転情報表示装置, 第 2 回 情報科学技術フォーラム (FIT2003)

・ Kojin Yano, Kennichirou Kawakami, Koichi Homma, Toshiro Sasaki and Seiichi Shin(2005); Multi-Agent Simulation Model of the Yaoyorozu Project, SICE Annual Conference

・矢野浩仁 , 川上賢一郎 , 本間弘一(2005); 地域ネットワークコミュニティにおけるロコミ情報の評価法に対する検証, 情報処理学会第 67 回全国大会

・矢野浩仁 , 川上賢一郎 , 本間弘一(2005); 地域ネットワークコミュニティにおけるロコミ情報の評価法に対する検証, 情報処理学会研究報告. 情報システムと社会環境研究報告 2005(53), pp.25-28

・ 矢野浩仁, 長岡晴子(2006); 企業間連携における顧客サービス設計に関するモデル化&シミュレーション手法の検討, 電気学会全国大会, pp.156-157

・ 福本恭 , 矢野浩仁 , 栗栖宏充(2006); 市場分析のための定量評価手法の検討, 電気学会研究会資料. IS, 情報システム研究会 2006(42), pp.59-63

・ 河田洋平 , 矢野浩仁 , 水野善弘 , 寺田 博文(2012); スマートシティ向け情報管理基盤に

におけるデータアクセス制御方式の提案，研究報告電子化知的財産・社会基盤（EIP）
2012-EIP-57(28),pp.1-8

寄稿

・山本秀典，矢野浩仁，河田洋平，水野善弘(2014); スマートシティ向け IT 基盤における異種システム連携機能，情報処理学会デジタルプラクティス， Vol.5, No.3

受賞暦

・矢野浩仁，川上賢一郎，本間弘一(2005); 地域ネットワークコミュニティにおけるロコミ情報の評価法に対する検証(大会優秀賞)，情報処理学会第 67 回全国大会

所属学会

・一般社団法人 電気学会，一般社団法人 情報処理学会，公益社団法人 日本オペレーションズ・リサーチ学会

以上