



応用都市経済モデル（CUEモデル）のアジア・ASEAN 地域への適用に向けた検証

山本, 浩道

(Degree)

博士（工学）

(Date of Degree)

2018-09-25

(Date of Publication)

2019-09-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第7300号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1007300>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



博士論文

応用都市経済モデル（CUEモデル）の
アジア・ASEAN地域への適用に向けた検証

平成30年7月

神戸大学大学院工学研究科

山本 浩道

目次

第1章 序論

1.1 応用都市経済モデル (CUE モデル) の有効性と実用化の歴史.....	1-1
1.2 アジア・ASEAN 地域における都市開発.....	1-5
1.2.1 インフラ投資計画.....	1-5
1.2.2 アジア・ASEAN による都市問題と施策.....	1-9
1.2.3 TOD 型都市開発.....	1-14
1.3 新興国を対象とした交通施策の評価事例.....	1-15
1.3.1 タイ・バンコクを対象とした TOD 型都市開発の検証.....	1-15
1.3.2 南アフリカを対象とした Micro-simulation LUTI モデルの検証.....	1-18
1.4 CUE モデルの既往研究の整理.....	1-20
1.4.1 CUE モデルの全体構造.....	1-20
1.4.2 CUE モデルの国内への適用事例.....	1-29
1.5 CUE モデルの課題.....	1-36
1.6 CUE モデルに必要なデータと整備状況.....	1-38
1.6.1 CUE モデルに必要なデータセット.....	1-38
1.6.2 日本における CUE モデルに必要なデータの整備状況.....	1-39
1.6.3 アジアの先進国における CUE モデルに必要なデータの整備状況.....	1-40
1.6.4 アジアの新興国における CUE モデルに必要なデータの整備状況.....	1-41
1.6.5 JICA パーソントリップデータの整備状況.....	1-44
1.7 研究の目的.....	1-47
1.8 本研究の構成.....	1-48
参考文献.....	1-50

第2章 台湾・桃園市の TOD 型都市開発への CUE モデルの適用

2.1 緒言.....	2-1
2.2 台湾・桃園市における TOD 型都市開発の概要.....	2-2
2.3.1 台湾・桃園市.....	2-2
2.3.2 桃園航空城計画.....	2-2
2.3.3 桃園市内の軌道系公共交通.....	2-3
2.3 CUE モデルを適用する為のデータセットの整備.....	2-5

2.3.1	ゾーン区分の設定	2-5
2.3.2	衛星画像を用いた小区分の土地利用データの推定	2-6
2.3.3	交通データの設定	2-13
2.4	CUE モデルの構築とシミュレーション前提条件の設定	2-16
2.4.1	CUE モデルの定式化	2-18
2.4.2	パラメータの推定	2-20
2.4.3	シミュレーションケースの設定	2-22
2.4.4	シミュレーションシナリオの設定	2-22
2.4.5	CO2 排出量の計算方法	2-23
2.5	CUE モデルによる台湾・桃園市の TOD 型都市開発の整備効果の評価	2-24
2.5.1	シミュレーション結果	2-24
2.5.2	CUE モデルによるシミュレーションを通じた本取組の考察	2-27
2.6	結言	2-28
	参考文献	2-29

第3章 CUE モデルにおける立地選択モデルの検証

3.1	緒言	3-1
3.2	立地選択における不確実性行動のモデル化	3-3
3.2.1	離散選択モデルの適用	3-3
3.2.2	既往研究のレビュー	3-4
3.3	兵庫県神戸市の発展経緯を対象とした事後評価の目的と前提条件	3-8
3.3.1	事後評価の目的	3-8
3.3.2	CUE モデルの定式化と前提条件	3-8
3.4	兵庫県神戸市の発展経緯を対象とした事後評価結果	3-12
3.4.1	従来の CUE モデルにおける立地選択行動の推定結果	3-12
3.4.2	手法 1 における立地選択行動の推定結果	3-14
3.4.3	手法 2 における立地選択行動の推定結果	3-16
3.4.4	手法 2 の拡張：分析期間に応じた感度分析	3-18
3.4.5	分析結果のまとめ	3-20
3.4.6	立地選択行動モデルの課題と今後のアプローチ	3-21
3.5	結言	3-22
	参考文献	3-23

第4章 CUEモデルにおける立地均衡の実証性検証

4.1 緒言	4-1
4.2 CUEモデルの立地選択行動モデルに関する既往研究のレビュー	4-4
4.3 兵庫県南部地域を対象とした立地選択行動の実証性検証	4-5
4.3.1 検証目的と検証フローチャート	4-5
4.3.2 検証の前提条件	4-6
4.3.3 間接効用関数の支出配分パラメータ推定手法の検証	4-9
4.3.4 間接効用関数による立地選択行動の再現性の検証	4-14
4.3.5 支出配分パラメータの再推定と調整項の主構成要因の特定	4-17
4.4 検討結果のまとめ	4-34
4.5 CUEモデルの改善の方向性	4-36
4.6 結言	4-38
参考文献	4-39

第5章 家計の異質性を考慮したCUEモデルの開発

5.1 緒言	5-1
5.2 アジア・ASEAN地域の交通整備を対象とした既往研究	5-3
5.3 Webアンケートを用いた家計の異質性の評価	5-4
5.3.1 Webアンケートの実施方法	5-4
5.3.2 家計の異質性を考慮した時間価値の導出方法	5-7
5.3.3 時間価値の推定結果	5-8
5.4 家計の異質性を考慮したCUEモデルの構築	5-11
5.4.1 CUEモデルの改良方針	5-11
5.4.2 家計の異質性を考慮した交通モデルの定式化	5-13
5.4.3 家計の異質性を考慮した土地利用モデルの定式化	5-15
5.5 家計の異質性を考慮したCUEモデルの神戸市の事後評価への適用	5-19
5.5.1 分析方針	5-19
5.5.2 データセットの設定	5-19
5.5.3 シミュレーションモデルとシナリオの設定	5-24
5.5.4 パラメータの設定・推定結果	5-25
5.5.5 シミュレーション結果の評価	5-29
5.5.6 分析結果のまとめと今後のアプローチ	5-36

5.6 結言	5-37
参考文献	5-38

第6章 CUEモデルのアジア・ASEAN地域への適用に向けた展望

6.1 緒言	6-1
6.2 CUEモデルの新興国への適用に向けたデータ整備への提案.....	6-1
6.2.1 新興国におけるデータ整備状況の振り返り	6-1
6.2.2 立地選択数の推定結果に対する土地利用データの影響評価	6-2
6.2.3 新興国へのCUEモデルの適用に向けたデータ整備の方向性	6-6
6.3 CUEモデルの新興国への適用に向けたモデル構造の改善提案.....	6-9
6.4 アジア・ASEAN地域の都市・交通施策に対するCUEモデルの適応性	6-14
6.4.1 CUEモデルの構造と潜在課題.....	6-14
6.4.2 アジア・ASEAN地域の都市・交通施策へのCUEモデルの適応性	6-18
6.5 結言	6-22
参考文献	6-23

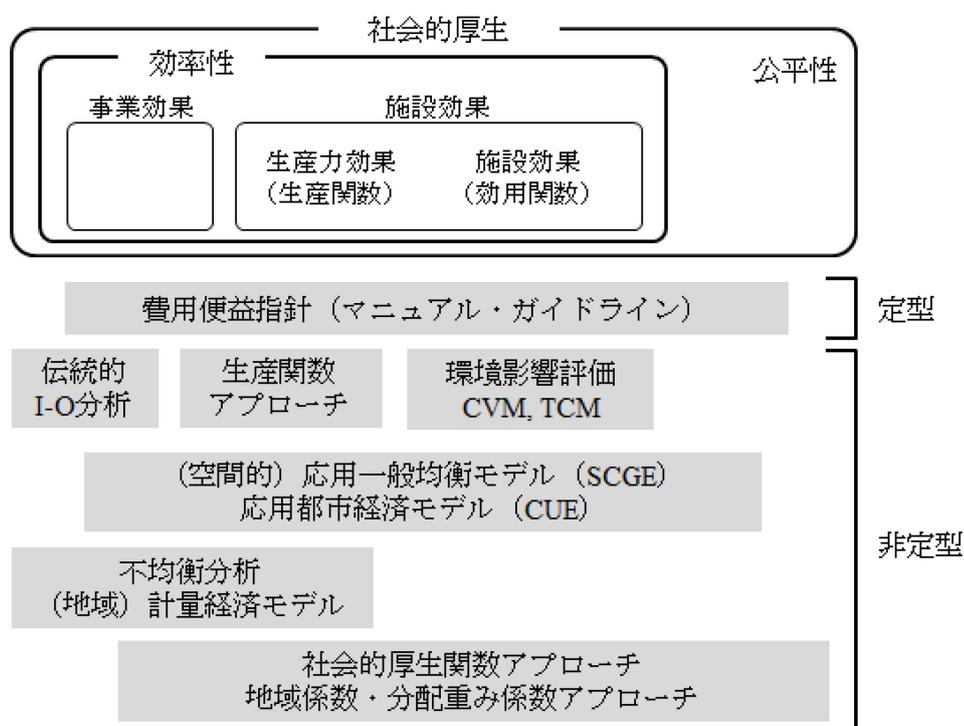
第7章 結論.....	7-1
-------------	-----

謝辞

第1章 序論

1.1 応用都市経済モデル（CUE モデル）の有効性と実用化の歴史

道路・鉄道開発や都市開発などの社会基盤整備は、都市・地域の活性化と生活環境の向上には必要不可欠な公共事業である一方、多くの場合はこれらの政策に対して多大な公的予算が投入される事から、その政策が有効か否かについて科学的・客観的に評価する事が社会的に求められる。現在、実務において浸透している評価手法として、費用便益分析が挙げられる。これは、交通整備・施策による交通費用の低下などの直接効果を経済の効率性という観点から社会的便益として計測する手法であり、『費用便益分析マニュアル』として国土交通省道路局により平成20年11月に定式化されている¹⁾。一方で本来、社会基盤整備が及ぼす効果の範囲は上述の直接効果のみではなく、地域の人口立地・産業立地の変化や生産・雇用・所得の拡大など、広範に波及すると考えられる。その為、社会基盤整備の効果を正確に計測する為には、様々な間接効果を理論的に計測する事が必要であり、現在では理論的に体系化され実務に適用する手法も存在するものの、定式化までは至っていないという状況である（図1-1）。



(鳥取大学・小池淳司氏と共同作成)

図 1-1 社会基盤整備に関する代表的な評価手法の位置づけ²⁾

本研究の対象となる応用都市経済モデル（以下、CUE モデル：Computable Urban Economic Model）も、前述の社会基盤整備の間接効果を計測可能な理論的に体系化された評価モデルに位置づけられる。CUE モデルは経済統計数値として把握される社会経済活動を網羅的に描写したものであり²⁾、特に地域・ゾーン（地区）といった単位で都市レベルの社会基盤整備の効果を空間的に評価可能な手法である。その特徴としては、ミクロ経済学の基礎の上に構築されており、モデル全体が均衡の概念を基に整合的に組み立てられている事が挙げられる。これにより、既に定式化されている費用便益分析とも理論的に整合しており、土地利用交通相互作用モデル（以下、LUTI モデル：Land-Use Transport Interaction Model）の流れにおける一応の標準型を形成するに至っている²⁾（図1-2）。

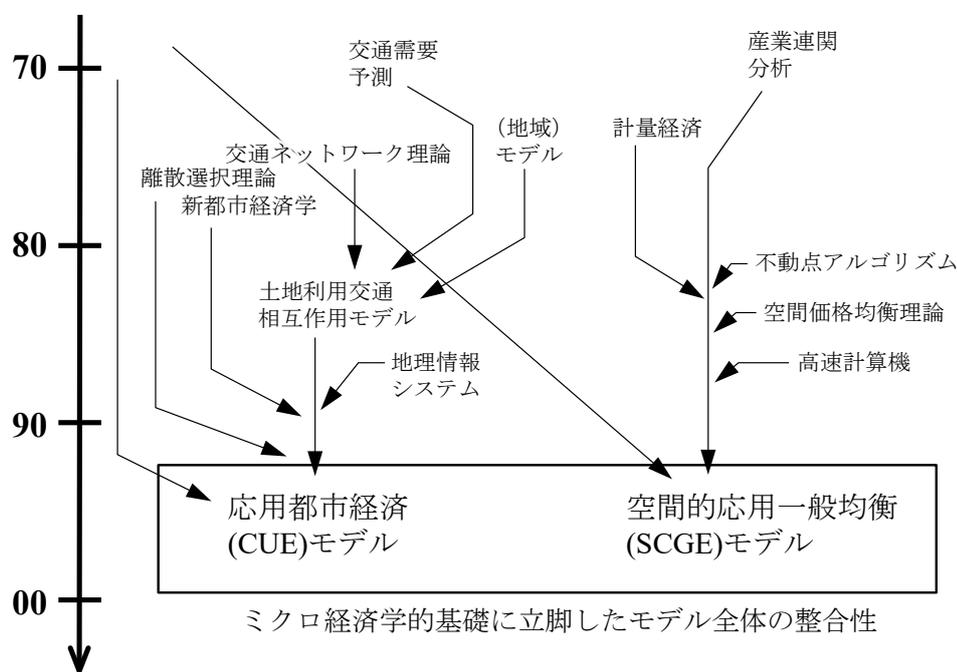


図1-2 公共事業評価のための経済均衡モデルの日本での発展²⁾

ここで、社会基盤整備の評価におけるLUTIモデルの有用性について考えてみると、図1-3 a)に示す通り、その価値は土地利用モデルと交通モデルの入・出力の前提条件の整合性を確保した上で、交通計画と土地利用計画の効果を統合的に評価出来る事であると言える。これは、図1-3 b)に示す、交通モデルと土地利用モデルを別モデルとして評価する際に発生する、人口分布等の前提条件の不整合や評価所掌部門が異なる事による（例えば、都市整備系部門と交通系部門）分断された都市政策評価などの非効率性の回避に繋がるものであり、社会基盤整備における直接効果と間接効果を計測する上では、非常に有用な手法であると言える。

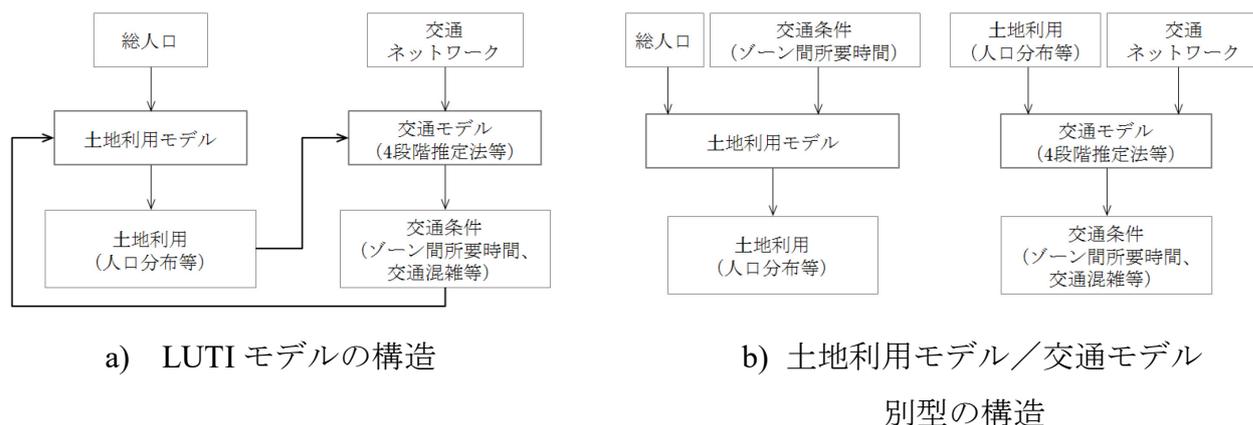


図 1-3 LUTI モデルと土地利用モデル／交通モデルの別型の構造²⁾

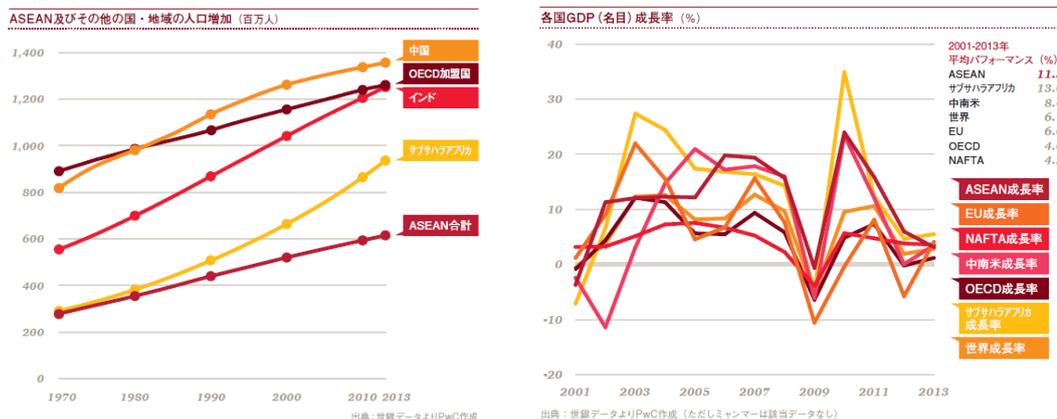
ここで、CUE モデルの発展経緯について振り返る。CUE モデルの基礎となる LUTI モデルは、長期交通需要予測における土地利用変化に起因する誘発需要を予測する事を目的に開発された。その後、応用事例として交通整備政策と同時に土地利用計画を事前に評価する事が可能となり、様々な分野に応用される事となった³⁾。これは、図 1-3 b) に示す様な、従来の縦割り行政を起因とした交通整備策定と土地利用計画の個別策定による、各施策・計画間の不整合の解消に繋がる事から大きな注目を集め、欧米の先進国を中心として研究と導入が進められた。具体的には、1950 年代のローリーモデル⁴⁾より始まり、1970 年代のエントロピーモデルの定式化、そして 1980 年代には ISGLUTI (国際共同研究) による大規模な実用化モデルの開発および適用がなされている。この発展経緯の中で後の研究に大きな影響を与えたモデルの一つとして、ローリーモデルが挙げられる。ローリーモデルは、計量地理学の流れを汲む都市モデルであり、従来の都市経済学が連続空間を対象とした解析に主眼があったのに対し、ローリーモデルは、離散化された空間である「ゾーン」を分析対象としている点に特徴があり⁵⁾、本モデルの基本的な構造は現在でも受け継がれている。一方、ローリーモデルの課題として、経済学の理論に基づいていない為、便益評価の為の測度が定義できないなど、経済評価・事業評価に用いるには問題がある事が指摘されていた⁵⁾。そこで、LUTI モデルは都市経済学の理論、あるいは一般応用均衡理論に基礎を置く方向に発展をし、これにより交通整備施策や土地利用計画を導入した場合の経済・事業評価を含む便益評価を実施する事が可能となった。その中でも、Anas のモデルは交通モデルこそ混雑を考慮していない簡易なモデルであるが、厳密な一般均衡の枠組みを適用すると共に、立地選択行動の推定にロジットモデルを適用した点において、LUTI モデルの発展に大きく影響を与えている⁵⁾。

本研究で主題とする CUE モデルは、ローリーモデルが課題としていた経済学の理論に基づいていないという点に対して、ミクロ経済の基礎を導入して構築された静学均衡モデルである。これは、モデルにおける需要関数と供給関数が経済主体の効用最大化問題から定義され、かつ、モデルにおける全てのサブモデルの相互関係が、価格をシグナルとした需要と供給がバランスする事で論理整合的に表現されている事⁵⁾から説明される。また、上述した Anas⁶⁾のアプローチを包含した上で、Anas では考慮されていなかった経路選択モデルの適用により、交通混雑を考慮した実用的な交通モデルを具備する構成としており、上田⁷⁾、上田⁸⁾、武藤ら⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾等により構築され¹³⁾、都市経済の実態や都市政策の分析・評価を行うための評価モデルとして実用化されている¹³⁾¹⁴⁾。即ち、CUE モデルは、「土地（及び建物市場）の均衡と立地均衡、混雑も考慮した交通ネットワーク均衡を同時に考慮した静学的な意味での経済部分均衡モデル」と定義する事ができる³⁾⁵⁾。現在では、我が国における社会基盤整備の直接効果・間接効果を計測する実用的な評価手法の一つとして位置付けられており、今後は CUE モデルの更なる信頼性・計測精度向上を目的とした理論モデルの精緻化、及び国内のみならず海外地域も含めた適用範囲の拡大が期待されている。

1.2 アジア・ASEAN 地域における都市開発

1.2.1 インフラ投資計画

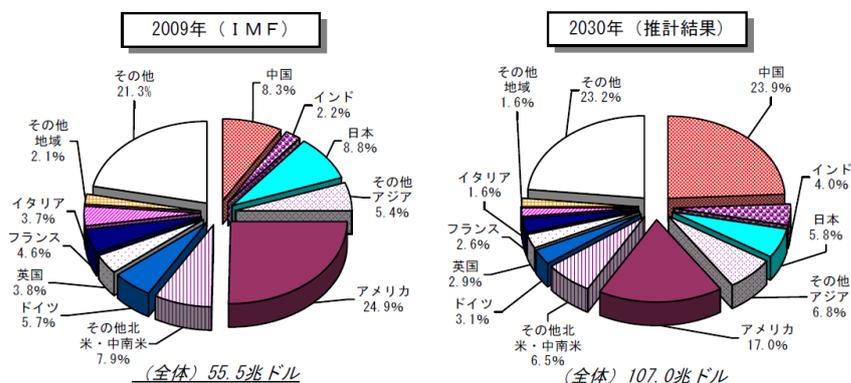
近年、アジア・ASEAN 地域の経済発展は目覚ましく、PwC による人口・GDP 変遷の調査¹⁵⁾によると、1970年から2013年にかけての人口増加率は、中国で約1.7倍、インドで約2.1倍、ASEAN 諸国合計で約2.1倍と、日本の約1.2倍を大きく上回る成長を示すと共に、2001年から2013年にかけてのGDP（名目）の平均成長率は11.3%と世界平均の6.7%を大きく上回る経済成長を示している（図1-4）。このアジア・ASEAN 地域の成長は今後も継続すると予測されており、内閣府による2030年の展望によると¹⁶⁾、全世界のGDP（市場トレードベース）に占めるアジア・ASEAN 地域の割合は約40%としており、2009年と比較するとGDPの金額ベースで約3.2倍の成長を示す（図1-5）。このように、アジア・ASEAN 地域では急激な人口・経済成長を示しており、各国はインフラ設備への投資を積極的に行う事により、自国の成長を支えている状況である。



a) 人口変遷 (1970~2013)

b) GDP 変遷 (2001年~2013年)

図1-4 アジア・ASEAN 地域の変遷¹⁵⁾



(備考) 1. IMF「World Economic Outlook」(09年10月1日)、前出で推計した潜在成長率より作成。
 2. 全体は、09年時点で世界全体の97.0%のシェアを占める。
 3. 「その他アジア」はインドネシア、マレーシア、フィリピン、タイ、シンガポール、香港、韓国及び台湾。「その他北米・中南米」はアルゼンチン、ブラジル、メキシコ及びカナダ。「その他地域」は南アフリカ共和国及びオーストラリア。
 (出所) 内閣府『世界経済の潮流2010年I』

図1-5 アジア・ASEAN 地域のGDP（市場レートベース）の将来予測¹⁶⁾

インフラ整備の効果は、直接的に有効需要となるフロー効果と外部経済効果により生産性が向上するストック効果に分けられ、それぞれが相互に作用しながら経済成長に貢献をしていくが、成長の過程において必要となるインフラ設備は異なる。図 1-6 に経済段階を一人あたりの GDP と捉えた場合に、各段階に必要とされるインフラ設備を示す。主要なインフラ設備は、電力・交通・その他（上下水道・廃棄物など）となるが、それぞれ GDP 基準で、～2,000US\$：生活上最低限必要な整備、～5,000US\$：工業化に向けた量的な整備、～15,000US\$：効率化・環境対策等への整備、15,000US\$以上：生活の質向上に向けた整備と、必要となるインフラ設備が高度化されていく。この成長段階をアジア・ASEAN 地域の現状と比較する為に、図 1-7 に 2016 年時点の主要 25 カ国の一人あたりの GDP を示す。一人あたりの GDP が 15,000US\$を超過する、生活の質を追求する段階にある先進国は、日本を含む 7 カ国に留まっており、それ以外は成長段階に応じて基本的なインフラ整備が必要な状況にある事が伺える。特に、一人あたりの GDP が 5,000US\$を下回る国が大半であり、各国において多くのインフラ整備が計画・実行段階にある事が伺える。

		初期整備段階	工業化対応段階	質への転換・効率化重視段階	生活の質追求段階
経済	一人あたり GDP	～2,000ドル程度	2,000～5,000ドル程度	5,000～15,000ドル程度	15,000ドル程度～
インフラ	全般	生活に必要な最低限の供給を確保する段階	工業化に対応し、量的な拡大を図る段階	効率性・利便性・環境汚染防止等、質的な向上も図る段階	生活の質の向上を追求する段階
	電力	・生活に必要な電力の供給 ・大型発電所および基幹送電線建設	・工業化の進展による電力需要増への対応、供給安定性の確保 ・発電所増設、送配電網整備	・省エネ、低炭素化	・スマートシティ ・既存施設の更新、アップグレード
	交通	・主要都市間を結ぶ基幹道路の整備 ・基幹港湾の整備	・基幹道路をベースに道路網の面的な拡大 ・都市間鉄道の整備	・都市内交通網の整備 ・高速道路、高速鉄道の整備 ・省エネ、低炭素化	・高度交通システム ・国際的なネットワークハブとなる空港 ・既存施設の更新、アップグレード
	その他	・都市を中心とした上下水道の整備	・都市化に伴う水質汚濁への対応（上水場拡張や配水池整備といった上下水道の改善） ・下水道事業	・廃棄物処理	・快適な都市生活のためのインフラの整備（文化施設・公園・福祉施設等）

(出所) 各種資料よりみずほ銀行産業調査部作成

図 1-6 経済発展に必要なインフラ設備¹⁷⁾

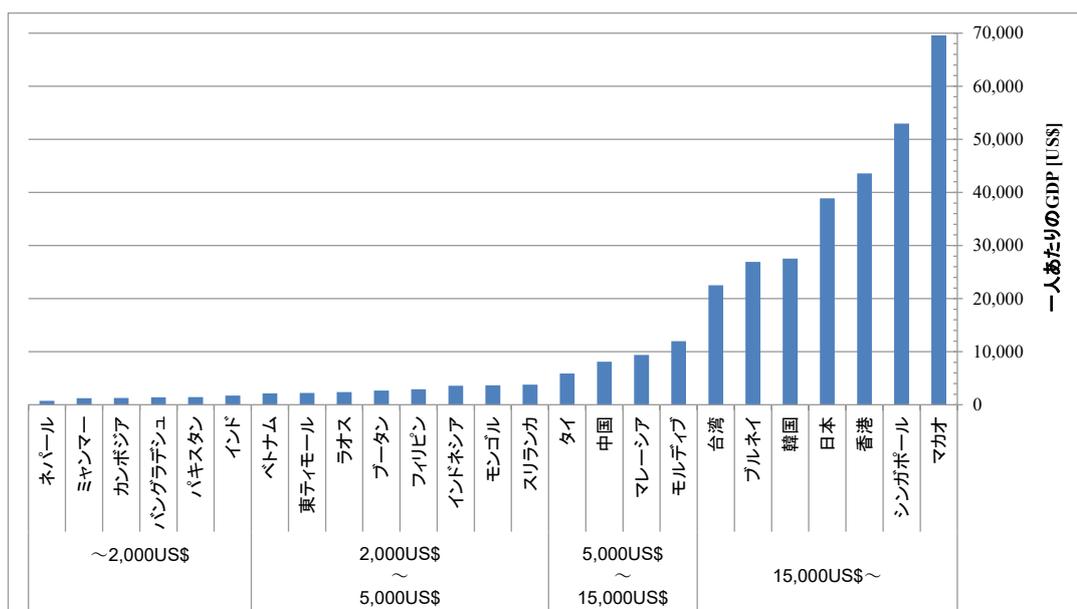


図 1-7 アジア・ASEAN 主要国の一人あたりの GDP : 2016 年

(IMF – World Economic Outlook Databases : ‘17 年 10 月版を基に筆者にて作成)

図 1-8 に示すみずほ銀行の調査によると¹⁷⁾、一人あたりの GDP が 2,000US\$～15,000US\$にある ASEAN の主要 5 か国の 2016 年～2030 年におけるインフラ投資額の累計は約 2.3 兆 US\$に達すると予測しており、その中でも交通分野に対する投資が約 50%を占めるとされている。図 1-9～図 1-13 に代表的国の交通分野のインフラ整備計画について記す。

(10億ドル)							
	ベトナム	フィリピン	インドネシア	タイ	マレーシア	計	比率
交通	61.7	111.5	771.6	27.7	78.6	1,051.0	46%
電力	92.9	90.6	194.9	176.0	179.0	733.4	32%
通信	70.9	59.1	192.9	21.5	10.9	355.3	16%
水源・衛生設備	16.1	31.5	69.6	9.1	1.6	127.9	6%
2016-2030年累計	241.6	292.7	1,229.0	234.2	270.1	2,267.6	100%
年平均	16.1	19.5	81.9	15.6	18.0	151.2	
GDP対比	5.01%	3.73%	6.10%	3.04%	4.12%	4.82%	

(出所) ADB, *Meeting Asia's Infrastructure Needs*, 2017、ADBI, *Estimating Demand for Infrastructure in Energy, Transport, Telecommunications, Water and Sanitation in Asia and the Pacific: 2010-2020*, 2010 より
みずほ銀行産業調査部作成

(注) ADB による ASEAN 全体のインフラ投資必要額推計を、ADBI による 2010～2020 年の必要投資額推計の GDP 比および IMF の世界経済見通しに基づき推計した GDP を基に、各国・分野別に配分

図 1-8 ASEAN : 5 か国の 2016 年～2030 年までのインフラ投資必要額 (予測)¹⁷⁾

路線名	整備内容	整備主体	投資額	スケジュール・日本企業の受注状況
LRT3 Bandar Utama線	25駅、36km	Prasarana	90億RM (約20億ドル)	2016年:建設開始 2020年:運転開始
MRT SBK線	31駅、51km (うち9.5kmは地下)	MRT Corp	210億RM (約50億ドル)	2016年:第1期運転開始 2017年:全線運転開始 三菱重工:軌道工事 明電舎:電気供給システム 東芝エレベーター: エスカレーター・動く歩道
MRT SSP線	36駅、52.2km (うち13.5kmは地下)	MRT Corp	280億RM (約65億ドル)	2016年:建設開始 2021年:第1期運転開始 2022年:全線運転開始

(出所)Prasarana、MRT Corp ウェブサイト等よりみずほ銀行産業調査部作成

図 1-9 マレーシア：クアラルンプールの交通インフラ整備計画¹⁷⁾

路線名	路線数	距離
南北高速道路	東部ルート	1 1,814 km
	西部ルート	1 1,269 km
高速道路網	北部	14 1,368 km
	中部	3 264 km
	南部	7 983 km
ハノイ・ホーチミン 周辺高速道路網	5	712 km
合計	31	6,410 km

(出所)ベトナム政府資料よりみずほ銀行産業調査部作成

図 1-10 ベトナムの交通インフラ整備計画¹⁷⁾

インフラ全体		うち交通分野					
分野	金額 (10億ドル)	セクター	金額 (10億ドル)	開発目標			
				KPI	2014年	2019年 目標	差分
交通	237	水関連・海上交通	111	港	278カ所	450カ所	172カ所
電力	94	道路	74	幹線道路	1,202km	3,852km	2,650km
				高速道路	807km	1,807km	1,000km
上下水道	58	鉄道	19	鉄道	5,434km	8,692km	3,258km
エネルギー	37	航空	14	空港	237カ所	252カ所	15カ所
住宅	34	都市交通	10	公共交通機関の市場占有率	23%	32%	9%
通信	17	フェリー	7	フェリーターミナル	210カ所	275カ所	65カ所
合計	477	合計/総括	237	GDPIに対する物流コスト	24.2%	19.2%	▲5%

(出所)インドネシア投資調整庁資料、平成 26 年度新興国市場開拓事業調査報告書より
みずほ銀行産業調査部作成

(注)水関連・海上交通にはダムの整備費用も含む

図 1-11 インドネシアの交通インフラ整備計画¹⁷⁾

項目		計画開始時	達成目標
全般	インフラへの公共支出(GDP比)	5.1%	7.4%
交通	道路:路面性状(国際ラフネス指数)	4.62	3.00
	航空:年間旅客数	5,748万人	7,397万人
	海運:年間コンテナ運搬数	5.8万TEU	9万TEU
電力	電化率	89.61%	100%
	発電設備容量	16,791MW	24,248MW
水源・衛生設備	安全な水の普及率	85.50%	95.16%
	基本的な衛生設備の普及率	94.10%	97.46%

(出所) Philippine Development Plan 2017-2022 よりみずほ銀行産業調査部作成

(注) 国際ラフネス指数とは、路面の平坦性の尺度であり、数字が小さいほど平坦であることを意味する

図 1-12 フィリピンの交通インフラ整備計画¹⁷⁾

項目	カンボジア	ラオス	ミャンマー
全般	<ul style="list-style-type: none"> GDP成長率: 7% 	<ul style="list-style-type: none"> GDP成長率: 7.5%以上 貧困率: 10%(2020年) 	<ul style="list-style-type: none"> 電力不足の早期解消 物流インフラの整備
交通	<ul style="list-style-type: none"> 年間300キロ～400キロの道路舗装 	<ul style="list-style-type: none"> 都市部以外にも必要な道路投資は実施 ベトナムとラオス、ラオスとカンボジアをつなぐ道路を建設 	<ul style="list-style-type: none"> 鉄道: ヤンゴン～マンダレー間の運送能力増強
電力	<ul style="list-style-type: none"> 年率25%増の需要への対応 2020年までに、全ての村へナショナルグリッドから電気を供給 	<ul style="list-style-type: none"> 発電容量増: 3,203MW (~2019年) 電化率: 国全体で95%、都市部以外で90%(2020年) 	<ul style="list-style-type: none"> 発電容量: 23,518MW (2030年)
水源・衛生設備	<ul style="list-style-type: none"> 都市部以外(2018年) 改善された水源: 60% 衛生施設: 60% 	<ul style="list-style-type: none"> 人口の90%に水を供給(2020年) 	<ul style="list-style-type: none"> NA

(出所) 各国政府資料よりみずほ銀行産業調査部作成

図 1-13 カンボジア・ラオス・ミャンマーの交通インフラ整備計画¹⁷⁾

1.2.2 アジア・ASEAN における都市問題と施策

前述の通り、アジア・ASEAN 地域では各国の経済発展に伴う都市へのインフラ整備が必要な状況であるが、その要因の一つである『都市化』に着目する必要がある。都市化とは、都市及び周辺部への人口と産業の集中を意味し、都市形成において大きな影響を与える。都市化の計測尺度としては、都市に住む人口の割合を都市化率として定量化する事が一般的であるが、先進国の平均都市化率は 80%を超えると計測結果も得られており、みずほ銀行の調査によると¹⁷⁾、日本は 93.5%、米国 81.2% (共に 2015 年) と非常に高水準である。この都市化率は、一般的に一人あたりの GDP との相関関係が強い事が知られており、アジア・ASEAN 地域の主要国であるマレーシアでは 70%を超え先進国と近い水準に至っている (図 1-14)。その他、各国も経済成長に伴い都市化の進展が顕著な状況であり、今後は一層の都市化の進展が進むと想定される。

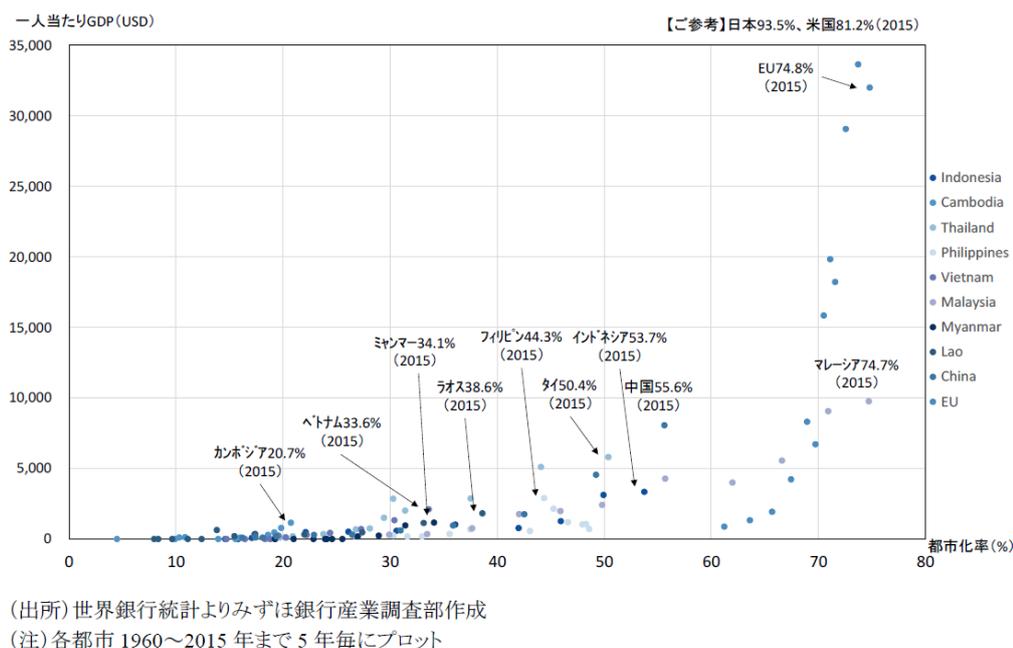


図 1-14 主要なアジア・ASEAN 地域の都市化率と一人当たり GDP¹⁷⁾

都市化の進展による効果は、『規模の経済』による、知識・人材・情報の集積が財・サービス・労働などの新たな市場を創出することにより都市部の経済活動を活発化させ、都市の成長エンジンとして経済発展を促す効果¹⁸⁾が期待できる事が挙げられる。即ち、工業化が進む都市部において労働力需要が発生し、その需要を満たす為に農村部の労働者が都市部へと流入するメカニズムである。1980 年以降、経済・金融のグローバル化に伴うアジア都市の世界システム編入により、大規模な開発が進展し、外資の導入・工業化・資本の蓄積が市街地を拡大させ、都市人口 1,000 万人を超える巨体都市の形成に繋がり、結果的に過度な都市化に伴うあらゆるインフラに対する需要増加を引き起こし、結果的に需要と供給の不整合から居住環境の悪化・交通混雑・地価高騰に代表される『都市問題』の顕在化に繋がる。また、ASEAN の大都市では、郊外に無秩序な都市化が進展し、インフラが未整備のまま都市周辺部へと都市化が進行するスプロール化が発生している。

一方、アジア・ASEAN 地域における都市形成の特徴の一つとして、都市部の工業化が不十分な状態にも関わらず、農業生産性向上施策による強力な農村の押し出し要因により、農村から都市への人口流出を加速させ、工業化の伸び率をはるかに上回る都市流入人口が発生している事が挙げられる¹⁹⁾。このような「過剰都市化」は、労働市場における需給の不一致による失業者の増加に繋がり、経済格差やスラム化といったアジア・ASEAN 地域特有の『都市問題』の発生要因となっている。

以上の様に、アジア・ASEAN 地域では都市化の進展に伴い様々な『都市問題』が発

生しているが、図 1-15 は都市交通課題に焦点を絞りアジア・ASEAN 地域の状況を纏めている²⁰⁾。これによると、アジア・ASEAN 地域の主要な都市交通課題は、「交通混雑」・「不便」・「交通安全性低下」・「環境悪化」・「社会的公正・不平等」の 5 つに区分され、小規模・開発前期都市においては主にインフラ整備不足を起因とした都市交通課題が、中規模・開発中期都市から大規模・開発後期都市に移行するにつれ、交通手段の多様化による公共交通間の相互連携不足や道路混雑悪化が都市交通課題の主要因となっている事が伺える。

【用語】
 小規模都市：都市人口300万人以下
 中規模都市：都市人口 300万人～1000万人
 大規模都市：都市人口1000万人以上
 開発前期：GDP per capita 1,000\$未満
 開発中期：GDP per capita 1,000\$-4,000\$
 開発後期：GDP per capita 4,000\$以上

都市交通課題			アジア・ASEAN地域の状況	
課題	詳細	人口規模別評価	経済規模別	
A) 交通混雑	ピーク時間の公共交通混雑 都心部の道路渋滞	<ul style="list-style-type: none"> 小規模都市は市内の一部に留まる。 大規模都市に進むにつれ都市全体に慢性的に渋滞発生。 	<ul style="list-style-type: none"> 開発前期：都市未完によるインフラ不足。 開発中期：地価上昇・都市高密度化によるインフラ建設用地確保難(供給不足)。 開発後期：移動手段多様化による、相互連携不足及び道路混雑悪化。 	
B) 不便	運行時間の不定期 不確定なトリップ時間 公共交通網の偏り 乗り換えアクセスの不便	<ul style="list-style-type: none"> 小規模都市：公共交通はバスが主体であり、主課題もバスの運行等に限定される。 中・大規模都市：公共交通機関の多様化が進み、相互間の連携不足が主課題。 	<ul style="list-style-type: none"> 開発前期：バス主体。需要と運行ルートとのミスマッチや車両不足が発生。 開発中～後期：公共交通の相互連携不足による利便性悪化。 駅舎の課題需要への対応問題。 	
C) 交通安全性低下	道路補正の劣化 交通事故問題 公共交通内の治安悪化	<ul style="list-style-type: none"> 小規模～中規模都市：道路舗装や歩道の整備が不足している段階 大規模都市：運転マナー・飲酒運転・スピード違反が増加。 	<ul style="list-style-type: none"> 開発前期：道路舗装不足などの基本部分の整備不足。 開発中期：歩道・陸橋などが不足。 開発後期：歩道・陸橋は整備。一方、道路交通需要増加に伴う事故が課題。 	
D) 環境悪化	排ガスによる大気汚染 騒音・振動問題	<ul style="list-style-type: none"> 小規模都市：大気汚染・騒音は大きな課題とならない。 中～大規模都市：人口増加に伴い幹線道路沿いの大気汚染が深刻化。次第に都市全体に広がる。 	<ul style="list-style-type: none"> 開発前期：環境悪化は人口規模に相関。 開発中～後期：人口規模以外に活性化する産業・都市活動も重なり、大気汚染などが深刻化。 	
E) 社会的公正・不平等	低所得者用交通の喪失 交通弱者への配慮不足	<ul style="list-style-type: none"> 小規模都市：低所得者の主要交通はパラトランジット。 中規模都市：居住地区が拡大し低所得者向けのバスサービスが欠如。 大規模都市：交通弱者へのサービス欠如も課題となる。 	<ul style="list-style-type: none"> 開発中～後期：経済発展に伴う所得格差が発生し、低所得者の支払い可能な交通機関へのアクセス手段が欠如。 	

図 1-15 アジア・ASEAN 地域の都市交通課題の分類
 (参考文献 20) を基に筆者にて作成)

この様な都市交通課題を含む『都市問題』に対して、アジア・ASEAN 地域各国の都市・交通政策部門は持続可能な都市形成を目指し、様々な都市・交通施策の計画・実行を試みている。図 1-16 に都市・交通課題に対する都市・交通施策例を示す²⁰⁾²¹⁾²²⁾²³⁾²⁴⁾。都市・交通施策は、供給側面に対する施策と需要側面に対する施策に大きく区分される。都市交通課題を例として挙げると、供給側面の施策は不足する道路容量や鉄道網を補う為の道路整備・拡張や鉄道整備に代表されるインフラ整備施策、公共交通の利用促進を目的とした公共交通運賃施策に代表される代替交通手段改善施策、バスの走

行性を高め効率的な輸送を実現する PTPS (Public Transportation Priority System) 等の交通システムの運用改善施策, 更に道路やバスへの情報案内サービスの向上などに代表される交通管理システムの高度化施策が挙げられる。これら供給側面の施策は, 住民への理解取得のハードルが低く公共主導施策として推進する事が出来る事から, 1.2.1 節にて示した通り, 多くのインフラ投資計画が行われ順次実行されている。一方, 需要側面に対する施策は, 既に発生している交通需要に対する施策である交通需要マネジメント (TDM : Transportation Demand Management) が挙げられ, 主にモーダルシフト・需要抑制・需要分散・道路効率利用に分類され, 各国において様々な施策が計画されている。但し, 需要側面の施策は, 住民・利用者に対して制約を課する事に繋がり, 住民・利用者からの理解取得が大きな課題として挙げられる。さらに, 供給側面と需要側面に跨る施策としては, 都市の交通開発と土地利用開発を最適実行する TOD (Transit Oriented Development) 型都市開発が挙げられ, 近年多くの都市において長期開発計画の軸として TOD 型都市開発を掲げる等, 注目が集まっている。

都市・交通問題	都市・交通施策	
	供給側面	需要側面
都市交通課題 ・交通混雑 ・不便 ・安全性 ・環境悪化 ・社会的公正	<ul style="list-style-type: none"> インフラ整備：道路・高速道路拡張、鉄道整備など 代替交通手段改善：公共交通運賃施策など 交通システム運用改善：バスへのPTPS導入など 交通管理システム高度化：情報案内サービス改善など 	交通需要マネジメント【TDM】 <ul style="list-style-type: none"> モーダルシフト：P&R・駐車場課金施策など 需要抑制：ロードプライシング、3-in-1施策など 需要分散：ピークロードプライシングなど 道路効率利用：相乗り（シェアリング）促進など
TOD：公共交通志向型都市・コンパクトシティ		
スプロール化	<ul style="list-style-type: none"> インフラ整備：鉄道整備など 	<ul style="list-style-type: none"> 土地利用規制：居住区域の制限など
TOD：公共交通志向型都市・コンパクトシティ		
失業問題	<ul style="list-style-type: none"> 工業の集積による雇用創出など（外資企業の勧誘） 	-
スラム化	<ul style="list-style-type: none"> 低所得住宅供給・社会基盤整備など 	<ul style="list-style-type: none"> スラムクリアランス（追い出し施策）など
地域間の格差（都市と農村）	<ul style="list-style-type: none"> 農村の生産性向上（所得向上） 農村への補助金施策 農業の輸入制限 	-

図 1-16 アジア・ASEAN 地域の都市・交通施策
(参考文献 20)21)22)23)24)を基に筆者にて作成)

図 1-17 にアジア・ASEAN の代表都市における交通需要マネジメントに係る交通施策の状況について記す²⁰⁾²⁵⁾²⁶⁾。シンガポールでは, 自動車需要を抑制する為に, 自動車取得者に対する自動車所有権証書取得の義務化と取得税負担などの車両割当制度の導入を行うと共に, 市内中心部への流入車両を抑制する為の課金システム (ERP :

Electric Road Pricing) の導入を実施している。その他、2013年には地下鉄の混雑回避を目的に、通勤時間よりも早い時間帯の公共交通運賃割引による需要分散を目的とした施策の短期導入を行う等、運輸省管下の法定機関である陸上交通庁（LTA：Land Transport Authority）の強いイニシアチブの下、多くの施策を実行に移している。

また、インドネシアではジャカルタ市内中心部の道路渋滞緩和を目的に、BRTを全面的に整備すると共に、ピーク時間帯における自動車走行量抑制を目的に、規定乗車人数以下の自動車走行を禁止する3 in 1施策を実施している。更に、ベトナムのハノイでは、道路混雑が激化する市内交通状況と深刻な大気汚染を踏まえ、これまでのパラトランジット走行規制に加え、2030年以降のハノイ中心部へのバイク乗り入れを禁止する事を2017年8月24日に決定している。本施策では、2017年～2018年は登録車両に係る統計データの構築と管理強化、2020年までに公共交通機関の集中的な整備と混雑道路に対する走行規制導入、2030年までに地域・時間に応じた個人自動車・バイクの走行制限と市内中心部のバイク走行禁止に関する必要条件整備を実施するとしている。一方、住民からは公共交通整備の遅れや不足する交通網に対する不安から反対意見が寄せられており、その実現については不透明な状況であると言える。また、代表都市の計画施策を見ても、その多くは実行には至っておらず、前述のハノイの事例と同様に住民からの理解取得に対するハードルの高さが伺える。この事からも、各国の政策担当者は各施策の導入に対する地域・住民が享受可能な便益を明示した上で、相互理解の下で各施策を進めていく事が必要である。

GDP per capita	国	都市	交通需要マネジメント【○：導入済み施策、▲：マスタープラン掲載施策】			
			モーダルシフト推進	需要抑制	需要分散	道路空間の効率的利用
15,000US\$ ～	シンガポール		○：Park & Ride	○：ERP ○：自動車課税	○：ITSシステム整備 ○：ナンバープレート制限 ○：公共交通運賃施策	
	韓国	ソウル	○：自転車レーン整備	○：混雑税 ○：駐車場総量規制	○：ITSシステム整備	
15,000US\$ ～ 5,000US\$	マレーシア	クアラルンプール		▲：駐車規制（含む課金規制）	○：ITSシステム整備	▲：バスレーン導入 ▲：カーシェアリング
	中国	上海	○：Park & Ride	○：ナンバープレート制限 ○：駐車規制（含む課金規制）		
	タイ	バンコク		▲：ロードプライシング ▲：駐車規制（含む課金規制）	▲：時差出勤	▲：バスレーン導入
5,000US\$ ～ 2,000US\$	モンゴル	ウランバートル	▲：TOD型都市開発	▲：駐車規制（含む課金規制） ▲：車両購入課税		
	インドネシア	ジャカルタ	○：BRT整備	▲：エリア・プライシング		○：3 in 1施策
	フィリピン	マニラ	▲：TOD型都市開発	○：ナンバープレート制限		○：バスレーン導入
	ラオス	ビエンチャン	▲：Park & Ride	▲：駐車規制（含む課金規制）	▲：時差出勤	
	ベトナム	ホーチミン	▲：TOD型都市開発	▲：ロードプライシング ▲：駐車規制（含む課金規制）		
～ 2,000US\$		ハノイ	▲：TOD型都市開発	▲：駐車規制（含む課金規制）		○：パラトランジット走行規制 ▲：バイク走行規制
	バングラディッシュ	ダッカ		▲：駐車場規制		○：パラトランジット走行規制

図 1-17 アジア・ASEAN 代表都市の交通需要マネジメント実施状況
(参考文献 20)25)26)を基に筆者にて作成)

1.2.3 TOD 型都市開発

TOD 型都市開発とは、自動車やバイクに頼ることなく、公共交通機関の利用を前提に組み立てられた都市開発、もしくは沿線開発である。その基本思想は、鉄道の駅を中心に都市活動を集約させる事であり、大都市圏と郊外都市圏をそれぞれ鉄道駅中心に形成する事により、公共交通中心の社会を形成する事である²⁷⁾ (図 1-18)。これは、経済発展による加速するモータリゼーションを抑制する効果があり、更には、交通セクターから生じる CO₂ の排出量を抑制する事が可能となる。日本においては、これまでに阪急電鉄や東急電鉄田園都市線に代表される民間鉄道会社を中心に広く採用されており、近年では、ベトナム／ホーチミン・中国／天津・ロシア／モスクワ・台湾／桃園などの海外の都市開発計画の基となっている手法である。

このように、TOD 型都市開発を進める為には、都市の交通開発と土地利用開発を一体的に計画する事が必要であり、インフラ整備の効果検証においても、交通開発と土地利用開発の効果を統合的に評価する事が求められる。その為、交通モデルと土地利用モデルを統合した LUTI モデルの適用が重要となっている。特に、ASEAN の各国は自国にてこれら手法に対する十分な知見を有していない事から、日本をはじめとする先進国が有する TOD 型都市開発に対する経験と技術への期待が高まっており、日本においては、TOD 型都市開発の効果計測の手法の一つとして実績を有する CUE モデルに注目が集まっている。CUE モデルについては、これまでに日本の社会基盤整備の効果検証として多くの実績を有する一方、海外での適用事例は少ない。従い、日本が蓄積する高度技術をアジア・ASEAN 地域の都市開発に展開し、効率的な都市構造の形成に貢献する事は、我が国の技術基盤の発展という観点からも重要であると考えられ、積極的に海外地域への適用に取り組む事が必要な状況である。

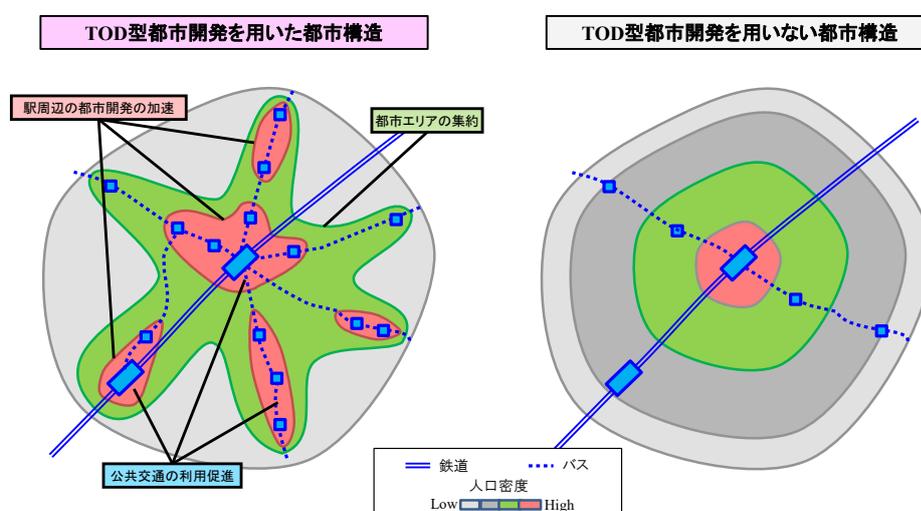


図 1-18 TOD 型都市開発の都市構造

1.3 新興国を対象とした交通施策の評価事例

前節で示した通り、アジア・ASEAN 地域の各国では、急激な経済成長を背景とした多くの都市開発や交通開発・整備が計画されており、それらの評価に対し LUTI モデルの適用を試みる事例が見られる。本節では、近年の代表的な研究事例を紹介する。

1.3.1 タイ・バンコクを対象とした TOD 型都市開発の検証²⁸⁾²⁹⁾³⁰⁾

本研究はアジアの新興国において注目されている TOD 型都市開発の評価に向け、タイ・バンコクを対象として実施した一連の研究であり、その目的は以下の 2 つから構成されている。

- ① QOL (Quality of Life) 指標と社会経済属性の関連性検証を通じた、居住者の再立地や交通行動に関する選好の把握
- ② 上記により導出された QOL 指標を組み入れた LUTI モデルの構築による、交通施策導入時の効果検証

目的①に関する研究²⁸⁾²⁹⁾の課題意識は、経済格差が大きいアジア・ASEAN 地域において、社会経済属性により異なる選考パターンを探索する事にあり、バンコク市内の住民が立地選択行動と交通選択行動に対して感じている魅力を QOL 指標として抽出している。QOL 指標は図 1-19 の通りであり（図中の Indicator or Factor を指す）、立地選択行動では“Access・Amenity・Safety・Cost”を、交通選択行動では“Convenience・Comfort・Safety・Cost”を大区分として設定し、各々に QOL 指標を定義している。

バンコクの住民に対するアンケート方法は、立地選択行動と交通選択行動に関して 2 つの仮想状態を設定し、各 540 票の回答を取得している。この際、アンケート被験者に対して、収入や年齢などの社会経済属性も同時に獲得する事により、社会経済属性毎の選好意識の把握に繋げている。

Element	Indicator	Good case	Bad case
Access	Work	40 minutes	60 minutes
	Shop	30 minutes	60 minutes
	School	15 minutes	45 minutes
	Hospital	15 minutes	45 minutes
Amenity	House size	15% larger	15% smaller
	Streetscape	Good	Poor
	Green	Good	Poor
Safety	Accident	Good	Poor
	Crime	Good	Poor
	Flood	Good	Poor
	Pollution	Good	Poor
Cost	Rent	15 % of income	25% of income

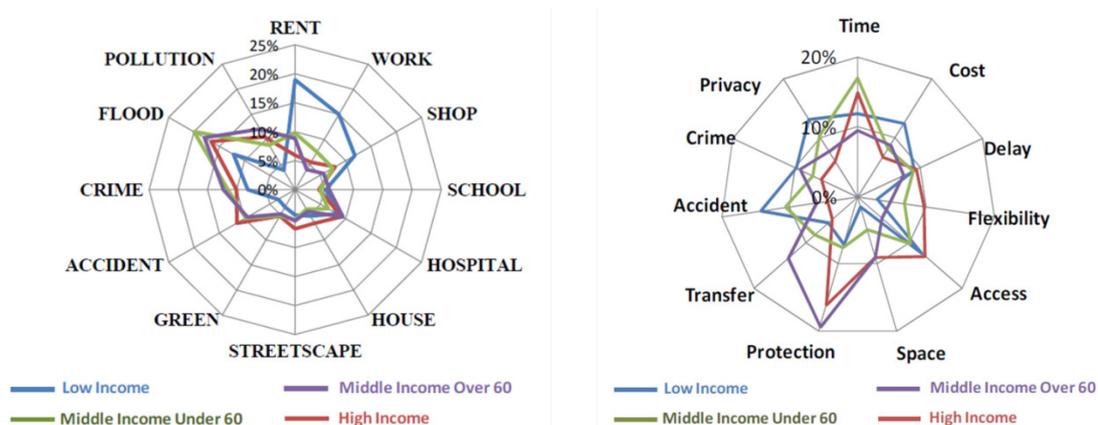
Element	Factor	Better choice	Worse choice
Convenience	Time	20 minutes	35 minutes
	Delay	Arrival on time	Arrival likely late
	Flexibility	Flexible departure time	Scheduled departure time
	Access	0 minutes to a primary mode	10 minutes to a primary mode
Comfort	Space	In-vehicle sitting space per passenger	In-vehicle standing space per passenger
	Protection	Protected from weather & pollution	Not protected from weather & pollution
	Transfer	No transfer	Twice
Safety	Accident	Safe	Normal
	Crime	Safe	Normal
	Privacy	Enclosed private space	Open public space
Cost	Cost	25 baht	50 baht

a) 立地選択行動

b) 交通選択行動

図 1-19 タイ・バンコクの住民に対する選好意識調査項目²⁸⁾²⁹⁾

図 1-20 は、社会経済属性を収入に着目し 4 種類に区分した上で、各 QOL 指標の選好強度を推定した結果である。推定方法は、収入区分毎の効用を QOL 指標による線形効用として表現し、調査結果（RP : Revealed Preference と SP : Stated preference）を用いたバイナリーロジットモデルにより、Value Parameter を推定している。結果として、居住地域の場合、”Low Income”は住居費と仕事へのアクセス性が支配的な選好であるが、所得が上昇するに従い、Safety 関連項目や Amenity 関連項目への選好が支配的になる様子が伺える。同様に、交通選択行動についても収入階層により選好強度が大きく異なる結果を得ている。この様に、社会経済格差の大きいアジア・ASEAN 地域では、社会経済属性により立地選択行動・交通選択行動の選好強度が異なる為、当該地域の交通開発・整備を LUTI モデル等で評価するには、社会経済属性毎の選好の差を考慮する事が求められる。



a) 居住地域

b) 交通行動

図 1-20 社会経済属性毎の選好強度の推定結果²⁸⁾²⁹⁾

次に、目的②に関する研究³⁰⁾として、前述のアンケートにより導出された QOL 指標を考慮した LUTI モデルの全体構図を図 1-21 に示す。全体構造は、”Macroscopic Model”, ”Land Use Model”, ”Transportation Model”の 3 つのモデルが連携しており、”Macroscopic Model”では、将来時点の GDP や人口等の変化を CGE (Computable General Equilibrium) モデルにて、モータリゼーションによる車保有者の変化を Macroscopic urban Model により推定している。また、”Land Use Model”における立地選択行動には、集計ロジットモデルを適用しており、効用関数を人口/従業者数と地代に加え、QOL 指標を考慮したアクセシビリティを組込む事により、社会経済属性毎の行動の差を表現している。同様に、”Transportation Model”における交通モード選択も集計ロジットモデルを適用しており、効用関数を車所有者数と一般化コストに加え QOL 指標を加えている事が特徴的である。

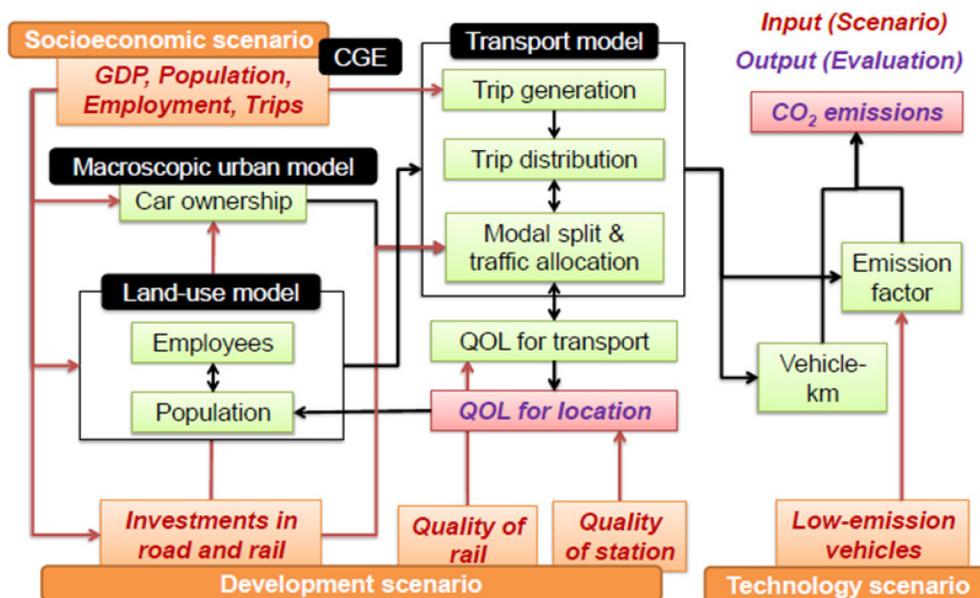


図 1-21 QOL 指標を考慮した LUTI モデルの全体構造³⁰⁾

図 1-22 は、タイ・バンコクを対象として、4つの異なる交通整備のシナリオを導入した際に、基準年:2005年から将来時点:2050年における効果を分析した結果である。本節では、設定した交通整備の内容などに関する詳細の記載は割愛するものの、特徴的な結果としては、b)に示す通り社会経済属性を考慮した QOL 指標を設定する事により、社会経済属性毎の反応の差異を表現できている点である。本結果では、各交通施策による社会経済属性毎の QOL への変化を推定している。評価結果の精度については将来的に改善する余地はあるものの、QOL 指標を考慮する事により、地域の居住者の選好特性を考慮した評価を行う事が出来る可能性を示した事は、社会経済格差の大きいアジア・ASEAN 地域における交通整備の効果推定という点では非常に価値が高い取り組みであると言える。

	Development Scenarios				
	2005	A	B1	B2	B3
% of car use	48	76	63	60	48
% of rail use	2	2	10	12	23
Average car-trip time (hrs)	1.22	2.07	2.28	2.27	1.93
Average rail-trip time (hrs)	1.21	1.89	1.39	1.35	1.14
CO ₂ emissions (kt-CO ₂ /year)	50,808	46,089	39,397	38,312	32,732

	Development Scenarios			
	A	B1	B2	B3
Low-income	4%	7%	12%	15%
Middle-income Under 60	-4%	5%	8%	8%
Middle-income Over 60	23%	20%	20%	12%
High-income	24%	12%	13%	8%

a) シナリオ毎の交通整備の効果

b) 属性毎の QOL の改善程度

図 1-22 QOL 指標を考慮した LUTI モデルによるシナリオ評価結果³⁰⁾

1.3.2 南アフリカを対象とした Micro-simulation LUTI Model の検証³¹⁾

本研究の目的は、途上国の都市計画を行う上で、貧困・所得格差などへの対応が都市計画の意思決定者・計画者にとって大きな課題となる中、南アフリカへの適用を想定した都市シミュレーションモデルを構築する事にあり、その構成は“UrbanSim”と“OpenTripPlanner”の複合による Micro-simulation LUTI Model である。

“UrbanSim”は非集計モデルをベースとしたマイクロシミュレーションモデルであり、理論的な精緻さよりもむしろ属性の行動論的な基礎を重視している。一方、“OpenTripPlanner”は Web ベースの乗り換え案内システムであり、二点間の移動方法を検索するものである。当該研究では、既存の“OpenTripPlanner”に対して、自家用車・電車・バス・ミニバス（タクシーを含む）などの様々な交通手段を考慮した上で、二点間を最小コストで移動できる手段を探索する様に改造を行い、この推定された最小化コストを、“UrbanSim”における Accessibility Indicators の計算に用いる仕組みとしている。図 1-23 が基本的な構造であり、“OpenTripPlanner”で導出された最小コストとルートは、交通シミュレーションの一つである MATSim に入力される。この仕組みを導入する事により、新興国における低所得層の特徴である、移動時間よりも移動コストに敏感に反応するという新興国特有の行動を模擬している。

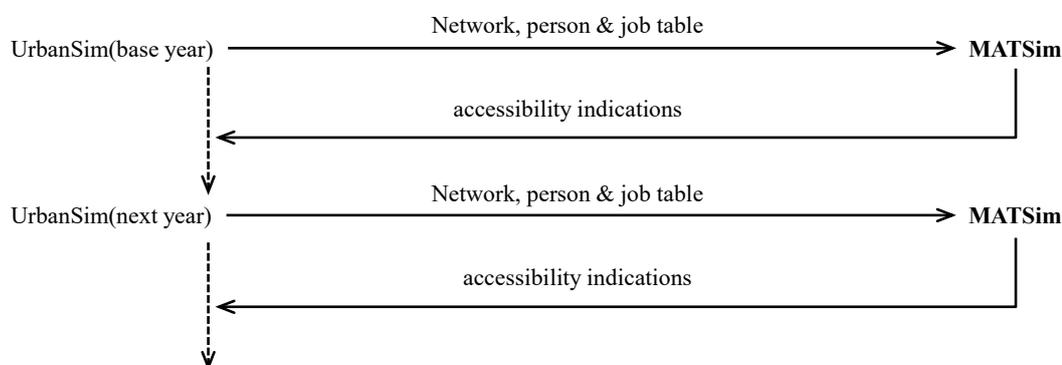


図 1-23 UrbanSim と MATSim の相互関係³¹⁾

(出典図を筆者にて作成)

図 1-24 は、南アフリカのネルソンマンデラベイ市におけるケーススタディの結果の一部であり、両グラフの縦軸が 2001 年から 2011 年の居住者の成長・変化に関する Micro-simulation LUTI Model のシミュレーション結果であり、横軸が公開されているセンサスの実観測値を示している。本論文では異なる 2 つのセンサスとの比較を行っているが、結論としては数点の異常値を示しているものの、これらは実際の開発において法的な理由などにより実施時期が遅れている等の理由から説明ができる事を考える

と、その他の値は現実と高い精度で一致しているとしている。

この様に、新興国における所得格差を起因とした選好の違いを、非集計シミュレーションである“UrbanSim”に“OpenTripPlanner”を連携させる事により一連のモデルとして構築し都市計画に適用する事により、都市の発展の効率を高め、雇用機会の創出に繋げる事ができる可能性があるとしており、政策の意思決定者の議論を支援する手法として、大きな期待を集めている。

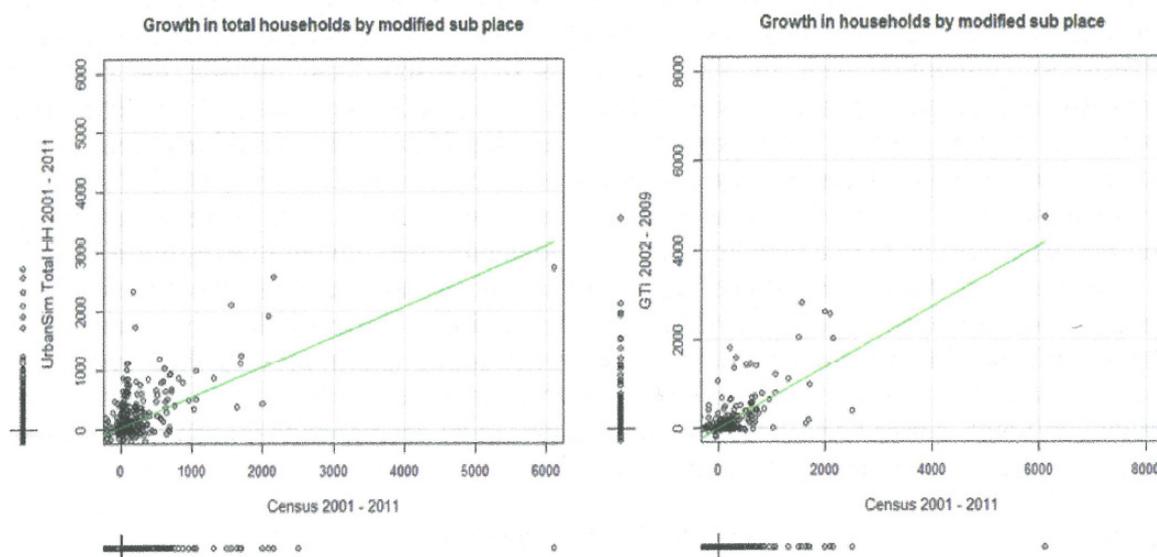


図 1-24 Micro simulation LUTI モデルと実観測値との比較結果³¹⁾

(左図：Statistics SA によってリリースされた 2001 年と 2011 年の人口センサス)

(右図：Statistics and GTI による 2001 年と 2011 年実際の成長率)

1.4 CUE モデルの既往研究の整理

本節では、本研究の主題となる CUE モデルの基本構造を示すと共に、国内における CUE モデルの主な適用事例や近年の研究事例について記す。

1.4.1 CUE モデルの全体構造

1.4.1.1 モデルの前提条件

都市経済の実態や都市政策の分析・評価を行うための実用型都市モデルと位置付けられている CUE モデルは、土地利用・交通モデルにミクロ経済学の基礎を導入したモデルであり、上田⁷⁾、上田⁸⁾、武藤ら⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾等により構築された¹³⁾。本研究では、その基本構成は踏襲しつつ、アジア・ASEAN 諸国の都市政策の分析・評価を行う上で CUE モデルが抱える課題の明確化、及びそれらを解消する為の CUE モデルの改良方針の策定を行っている。

CUEモデルの全体構造を図1-25に示す。CUEモデルで想定している主体は“家計・企業・地主”であり、各主体が効用最大化行動を行い、土地市場及び交通市場から提示される価格（地代、交通費用）によって財（トリップ数、土地面積）の消費・投入量が調整されるモデルであり、各ゾーンにおける土地市場と交通市場が同時に均衡するモデルである。モデルの前提条件は以下の通りである¹³⁾。

- A) 経済主体は同一の選考を持つ人口一人当たりで捉えた家計、職業・産業別の区分のない従業者一人当たりで捉えた企業、不在地主を考えている。
- B) 対象地域は*i*個のゾーンに分割されており、各ゾーン内における同一用途内は同質である。
- C) 構築モデルは閉鎖都市モデルであり、都市圏(対象地域)の総人口、総従業者数は外生的に与えられ、都市圏外との交流は無いと仮定する。
- D) 土地市場は等効用原則に基づく均衡土地利用を確率的に拡張し、交通市場は等時間原則に基づく利用者均衡を確率的に拡張しており、土地市場と交通市場が同時に均衡するモデルである。
- E) 家計は効用最大化行動に従い、企業は利潤最大化行動に従って立地選択を行うものとし、立地の変化による追加的な費用は一切考慮しない。

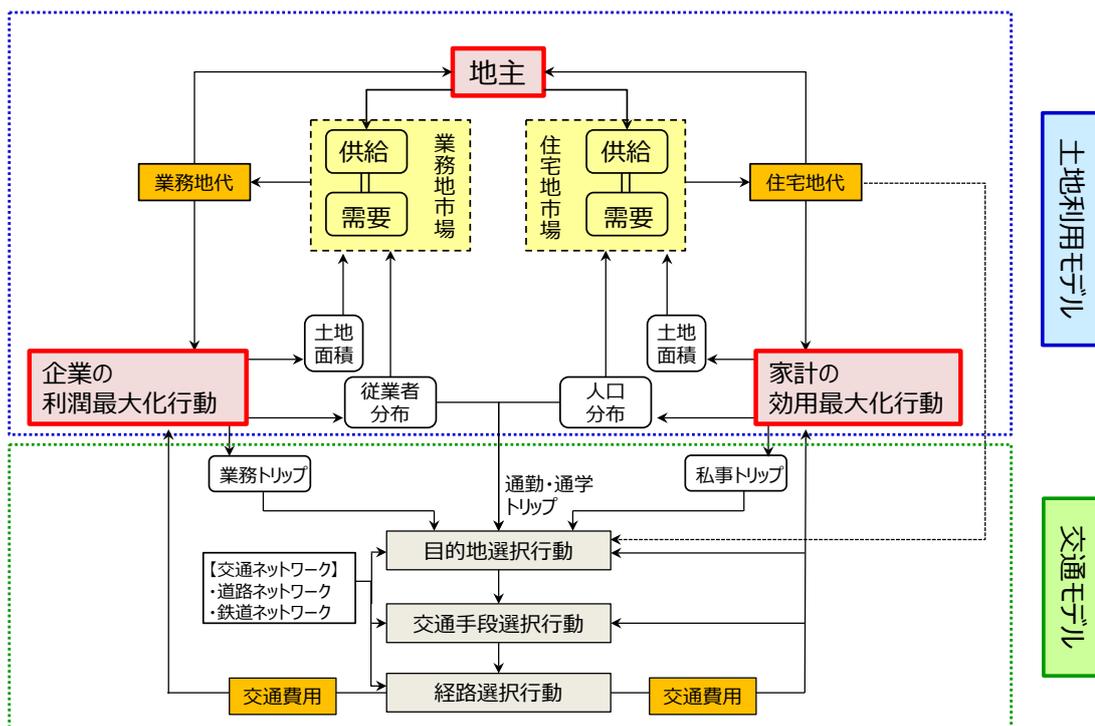


図 1-25 CUE モデルの全体構造

1.4.1.2 CUE モデルの定式化 ¹³⁾¹⁴⁾

(1) 土地利用モデル

1) 家計の行動

代表的な一人の家計を仮定し、家計は所得制約の下で、自身の効用を最大化する様に、土地・私事トリップ・合成財を消費し、その結果として得られる効用値に基づき居住地の選択を行う。家計の消費行動は式(1-1)、式(1-2)の様に定式化しており、私事トリップ(トリップ数)・土地面積(宅地消費量)・合成財を財とし、間接効用関数は対数線形で特定化している。財消費にトリップ回数を導入している意味としては、買い物や旅行等の外に出かける回数が増加する場合に家計の満足感が向上することを想定しているためである。所得の設定方法は様々が考えられるが、利用可能時間と通勤時間の差に賃金率(時間価値)を乗じた消費者の賃金所得を適用する事が一般的である。

$$V_i^H = \max_{z_i^H, x_i^H, l_i^H} [\alpha_z \ln z_i^H + \alpha_x \ln x_i^H + \alpha_l \ln l_i^H] \tag{1-1}$$

$$\text{s.t. } z_i^H + q_i^H x_i^H + r_i^H l_i^H = w(\Omega - q_i^w x_i^w - q_i^s x_i^s) \equiv I_i \tag{1-2}$$

ここで、 i : ゾーンを表す添え字、 V_i^H : ゾーン i の世帯の効用水準、 z_i^H : 合成財消費量、 x_i^H : 私事トリップ消費量、 l_i^H : 住宅地消費量、 $\alpha_z, \alpha_x, \alpha_l$: 支出配分パラメータ ($\alpha_z + \alpha_x + \alpha_l = 1$)、 q_i^H : 私事トリップの一般化価格、 r_i^H : ゾーン i の地代、

w : 家計の賃金率 (時間価値) [円/時間], Ω : 総利用可能時間(固定), q_i^w : 通勤トリップの一般化価格, x_i^w : 通勤トリップ消費量, q_i^s : 通学トリップの一般化価格, x_i^s : 通学トリップ消費量, I : 総所得を示す.

式(1-1)ではトリップ数を本源的需要として扱っている. 一般に交通需要は本源的需要と派生的需要に大別されるが, 土井・坂下³²⁾でも示されているように派生的交通サービスも本源的需要と同様に扱ってもさしつかえない. 式(1-1)を解くと, 各財の消費量が求められる.

$$z_i^H = \alpha_z I_i \quad (1-3)$$

$$x_i^H = \frac{\alpha_x}{q_i^H} \cdot I_i \quad (1-4)$$

$$l_i^H = \frac{\alpha_l}{r_i^H} \cdot I_i \quad (1-5)$$

式(1-3)・式(1-4)・式(1-5)を式(1-1)に代入する事により, 以下の間接効用関数が算出される.

$$V_i^H = \ln(I_i) - \alpha_x \ln(q_i^H) - \alpha_l \ln(r_i^H) + C \quad (1-6)$$

$$\text{ただし, } C = \alpha_z \ln(\alpha_z) + \alpha_x \ln(\alpha_x) + \alpha_l \ln(\alpha_l)$$

家計の立地選択行動は式(1-6)から導かれる間接効用関数及び住環境や地形的要因等の地域固有の指標: e_i^H から構成される「立地魅力度」に基づき, 宮城³³⁾により定義された「選択の基本公式」で立地選択行動を行う. なお, 地域固有の指標: e_i^H はキャリブレーションで計測されるものである.

$$S^H = \max_{P_i^H} \left[\sum_i P_i^H (v_i^H) - \frac{1}{\theta^H} \sum_i P_i^H \ln(P_i^H) \right] \quad (1-7)$$

$$\text{s.t. } \sum_i P_i^H = 1, \quad v_i^H = V_i^H + e_i^H \quad (1-8)$$

式(1-7)を解くことにより, 以下のような立地選択確率及び期待最大効用が導出される.

$$P_i^H = \frac{\exp\{\theta^H \cdot (V_i^H + \tau_i^H)\}}{\sum_i \exp\{\theta^H \cdot (V_i^H + \tau_i^H)\}} \quad (1-9)$$

$$S^H = \frac{1}{\theta^H} \cdot \ln \left[\sum_i \exp(\theta^H \cdot V_i^H) \right] \quad (1-10)$$

ここで θ^H が十分に大きい場合にはエントロピー項を無視することが可能であり, kuhn-Tucker条件を求めると, 家計が立地選択をしているゾーンの効用値は全て等

しいことを意味しており、立地選択されていないゾーンの効用値よりも高いかせいぜい等しいことを意味している⁸⁾。ただし、 P_i^H ：立地選択確率、 θ^H ：分散パラメータ、 τ_i^H ：調整項、 S^H ：期待最大効用を示す。

ここで、各ゾーンのトリップ数と土地の需要関数を導出する。まず、家計1人当たりの需要関数は式(1-3)・式(1-4)・式(1-5)である。各ゾーンにおける需要量は式(1-4)・式(1-5)に人口を乗じた値であり、人口は都市圏総数： N^T に式(1-9)の立地選択確率を乗じた値となる。

$$ZA_i^H = l_i^H N^T P_i^H \quad (1-11)$$

$$ZX_i^H = x_i^H N^T P_i^H \quad (1-12)$$

ここで、 ZA_i^H ：ゾーン土地需要量、 ZX_i^H ：ゾーン発生トリップ数を示す。

2) 企業の行動

企業は、利潤最大化行動は土地（業務用地）と業務トリップを投入して、生産技術制約の下で利潤が最大となるように生産を行っているものとし、生産関数をコブ・ダグラス型技術により特定化している。

$$\prod_i^B = \max_{x_i^B, l_i^B} [Z_i^B - q_i^B x_i^B - r_i^B l_i^B] \quad (1-13)$$

$$\text{s.t. } Z_i^B = \eta_i (l_i^B)^{\beta_l} (x_i^B)^{\beta_x} \quad (1-14)$$

ここで、 Z_i^B ：合成財生産量、 x_i^B ：業務トリップ投入量、 l_i^B ：業務用土地投入量、 β_x, β_l ：支出配分パラメータ、 q_i^B ：業務トリップの一般化価格、 r_i^B ：ゾーン*i*の業務用地代、 η_i ：生産効率パラメータを示す。

式(1-13)を解くことにより、企業の生産要素需要である土地投入量： l_i^B 、業務トリップ投入量： x_i^B が以下のように求められる。

$$l_i^B = \left[\frac{1}{\eta_i} \left(\frac{r_i^B}{\beta_l} \right)^{1-\beta_x} \left(\frac{\beta_x}{q_i^B} \right)^{-\beta_x} \right]^{\frac{1}{\beta_l + \beta_x - 1}} \quad (1-15)$$

$$x_i^B = \left[\frac{1}{\eta_i} \left(\frac{q_i^B}{\beta_x} \right)^{1-\beta_l} \left(\frac{\beta_l}{r_i^B} \right)^{-\beta_l} \right]^{\frac{1}{\beta_l + \beta_x - 1}} \quad (1-16)$$

式(1-15)・式(1-16)を生産関数に代入すると、生産物の供給関数が式(1-17)のように求められ、これらを用いて利潤関数が式(1-18)のように導出される。

$$Z_i^B = (\eta_i)^{\frac{1}{1-\beta_l-\beta_x}} \left[\left(\frac{r_i^B}{\beta_l} \right)^{\beta_l} \left(\frac{q_i^B}{\beta_x} \right)^{\beta_x} \right]^{\frac{1}{\beta_l + \beta_x - 1}} \quad (1-17)$$

$$\prod_i^B = (1 - \beta_l - \beta_x) (\eta_i)^{\frac{1}{1 - \beta_l - \beta_x}} \left[\left(\frac{r_i^B}{\beta_l} \right)^{\beta_l} \left(\frac{q_i^B}{\beta_x} \right)^{\beta_x} \right]^{\frac{1}{\beta_l + \beta_x - 1}} \quad (1-18)$$

企業の立地選択行動は世帯の居住地選択行動と基本的には同様に利潤関数： Π と業務環境や地形的要因等の地域固有の指標から構成される「立地魅力度」に基づき立地選択行動を行う。

$$S^B = \max_{P_i^B} \left[\sum_i P_i^B \pi_i^B - \frac{1}{\theta^B} \sum_i P_i^B \ln(P_i^B) \right] \quad (1-19)$$

$$\text{s.t. } \sum_i P_i^B = 1, \quad \pi_i^H = \Pi_i^B + e_i^B \quad (1-20)$$

式(1-19)・式(1-20)を解くことにより，以下のような立地選択確率及び期待最大効用が導出される。

$$P_i^B = \frac{\exp\{\theta^B \cdot (V_i^B + \tau_i^B)\}}{\sum_i \exp\{\theta^B \cdot (V_i^B + \tau_i^B)\}} \quad (1-21)$$

$$S^B = \frac{1}{\theta^B} \cdot \ln \left[\sum_i \exp(\theta^B \cdot V_i^B) \right] \quad (1-22)$$

3) 不在地主の土地供給行動

不在地主は各ゾーンの住宅，業務用途の土地に1人ずつ存在すると仮定する。提供する土地を維持・管理するための費用を支払い，土地の消費者である家計及び企業に対し利用可能な土地を提供し地代収入を得る利潤最大化行動をとると仮定する。

$$\pi_i^{LH} = r_i^H y_i^H - C(y_i^H) \quad (1-22)$$

$$\pi_i^{LB} = r_i^B y_i^B - C(y_i^B) \quad (1-23)$$

尚， π_i^{LH} ：住宅地の地主の利潤関数， π_i^{LB} ：業務地の地主の利潤関数を示す。

ここで， $C(y)$ は不在地主が土地を維持・管理するための費用関数であり，市街化区域等の利用可能面積のうち，実際に消費者に提供される宅地等の割合に応じて増加する関数である。

$$C(y_i^H) = -\sigma_i Y_i^{HO} \ln \left(1 - \frac{y_i^H}{Y_i^{HO}} \right) \quad (1-24)$$

$$C(y_i^B) = -\sigma_i Y_i^{BO} \ln \left(1 - \frac{y_i^B}{Y_i^{BO}} \right) \quad (1-25)$$

ただし， y_i^H ：住宅用土地供給， y_i^{HO} ：住宅用利用可能面積， y_i^B ：業務用土地供給， y_i^{BO} ：業務用土地供給可能面積， $\sigma_i^H \cdot \sigma_i^B$ ：パラメータ。

式(1-22)・式(1-23)の利潤最大化問題から不在地主の土地供給関数を導出する。ここで土地の利用可能面積は都市計画区域等の土地利用計画における最大供給量であり、本モデルではこれを外生変数として扱うが、土地供給量は内生変数であり、地代に応じて地主が戦略的にコントロール可能な変数である。そのため地代の低下により土地供給量が減少する場合もあるが、これは遊休地等の可能性を想定している。

$$y_i^H = \left(1 - \frac{\sigma_i^H}{r_i^H}\right) Y_i^{HO} \quad (1-26)$$

$$y_i^B = \left(1 - \frac{\sigma_i^B}{r_i^B}\right) Y_i^{BO} \quad (1-27)$$

4) 精算条件（均衡条件）

立地均衡状態は立地数と土地面積の需要と供給が合致することであり、もはやどの主体も自らの立地選択確率を変更しても各主体の目的関数の水準を向上させることはできない状態である。立地数の精算条件は各ゾーンの立地需要量の総和が都市圏の総数と合致することである。

$$\sum_i N_i = \sum_i N^T P_i^H = N^T \quad (1-28)$$

$$\sum_i E_i = \sum_i E^T P_i^B = N^T \quad (1-29)$$

また、土地市場の精算条件は各ゾーンにおける用途別の家計、企業の土地需要量と各ゾーンの地主の供給する土地面積が合致することである。

$$Z A_i^H = l_i^H N^T P_i^H = y_i^H \quad (1-30)$$

$$Z A_i^B = l_i^B E^T P_i^B = y_i^B \quad (1-31)$$

(2) 交通モデル

交通行動は経済主体である家計、企業の消費・投入するトリップの目的地、交通手段、経路を決定するものである。発生・目的地選択・交通手段選択の段階では目的別でモデル化するが経路選択（交通量配分）の段階では目的別の交通量配分は行わない。また、貨物自動車については小型貨物自動車、普通貨物自動車のOD表を外生的に与えて交通量配分のみを実行する。

1) 発生交通モデル

効用最大化及び利潤最大化行動により求められた家計1人当たりの私事トリップ

消費量，企業1人当たりの業務トリップ消費量に人口及び従業者数を乗じたものがゾーン毎の家計，企業の総発生トリップを表している．つまり，私事，業務目的のトリップは交通サービスレベルの変化により発生交通原単位（1人当たりのトリップ数）が変化し，変化しない場合でも人口の増減でゾーン発生トリップが変化する．一方，通勤，通学の目的のトリップに関しては1人当たりのトリップ数は基本的には変化しないが，人口の増減により発生トリップ数が変化する．各ゾーンの発生トリップは以下の式で表される．

$$ZX_i^W = \mu_i^W N^T P_i^H \quad (1-32)$$

$$ZX_i^S = \mu_i^S N^T P_i^H \quad (1-33)$$

$$ZX_i^H = x_i^H N^T P_i^B \quad (1-34)$$

$$ZX_i^B = x_i^B E^T P_i^B \quad (1-35)$$

ただし， ZX_i^W : i ゾーンからの通勤発生トリップ数， μ_i^W : 通勤発生原単位， ZX_i^S : i ゾーンからの通学発生トリップ数， μ_i^S : 通学発生原単位， ZX_i^H : i ゾーンからの私事発生トリップ数， ZX_i^B : i ゾーンからの業務発生トリップ数を示す．

2) 経路選択モデル

経路選択モデルは利用者均衡モデルに利用者の認識誤差を導入した確率的利用者均衡モデルである．ODペア ij 間の交通手段 m で経路 k が選択される確率は以下のようなになる．

$$P_{ijmk} = \frac{\exp(-\theta_1 c_{ijkm})}{\sum_k \exp(-\theta_1 c_{ijkm})} \quad (1-36)$$

ただし， P_{ijmk} : ODペア ij 間の交通手段 m の経路 k を選択する確率， c_{ijkm} : ODペア ij 間の交通手段 m の経路 k の交通費用， θ_1 : 分散パラメータを示す．

このとき，経路交通量は以下のように表される．

$$f_{ijmk} = P_{ijmk} T_{ijm} = \frac{\exp(-\theta_1 c_{ijkm})}{\sum_k \exp(-\theta_1 c_{ijkm})} \cdot T_{ijm} \quad (1-37)$$

$$T_{ijm} = T_{ijm}^W + T_{ijm}^S + T_{ijm}^H + T_{ijm}^B + T_{ijm}^R \quad (1-38)$$

ただし， f_{ijmk} : ODペア ij 間の交通手段 m の経路 k の交通量， T_{ijm} : ODペア ij 間の交通手段 m の交通量（目的別トリップ合計）を示す．

また，経路交通量とリンク交通量の関係は下式である．

$$x_a = \sum_i \sum_j \sum_m \sum_k \delta_{amk}^{ij} \cdot f_{ijmk} \quad (1-39)$$

ただし、 x_a ：リンクaの交通量， δ_{amk}^{ij} ：ODペアij間の交通手段mの経路kにリンクaが含まれれば1，そうでなければ0を示す。

リンクの交通費用及び経路の交通費用は以下のとおりである。リンク交通費用は私的限界交通費用であり，リンクパフォーマンス関数である。経路費用はこのリンクパフォーマンス関数を経路で加算した値である。

$$c_{ijmk} = \sum_a \delta_{amk}^{ij} t_a(x_a) \quad (1-40)$$

$$t_a(x_a) = t_{a0} \left[1 + \alpha \left(\frac{x_a}{CP_a} \right)^\beta \right] \quad (1-41)$$

ただし、 t_a ：リンクaの所要時間， t_{a0} ：リンクaの自由走行時間， CP_a ：リンクaの交通容量， α ， β ：パラメータ，鉄道については混雑による交通費用の上昇は無いものとして $\alpha=0$ としている。

3) 交通手段選択モデル

利用者の交通手段選択行動はロジットモデルで表現し，トリップ目的lでODペアij間の交通手段mの選択確率は以下のように表される。

$$P_{ijm}^l = \frac{\exp(-\theta_{m1}^l S_{ijm}^l + \theta_{m2}^l R_{ijm}^l + \eta_{ijm}^l)}{\sum_m \exp(-\theta_{m1}^l S_{ijm}^l + \theta_{m2}^l R_{ijm}^l + \eta_{ijm}^l)} \quad (1-42)$$

$$S_{ijm}^l = -\frac{1}{\theta_1} \ln \left[\sum_k \exp(-\theta_1 c_{ijkm}) \right] \quad (1-43)$$

ただし、 P_{ijm}^l ：トリップ目的lでODペアij間で交通手段mを選択する確率， S_{ijm}^l ：トリップ目的lでODペアij間の交通手段mの期待最小費用， R_{ijm}^l ：トリップ目的lでODペアij間で交通手段mの待ち時間等の固有の説明要因， η_{ijm}^l ：トリップ目的lでODペアij間の交通手段mの固有のパラメータであり，キャリブレーション等で計測されるものである。

トリップ目的lでODペアij間の交通手段mの交通量は以下ようになる。

$$T_{ijm}^l = P_{ijm}^l \cdot T_{ij}^l = \frac{\exp(-\theta_{m1}^l S_{ijm}^l + \theta_{m2}^l R_{ijm}^l + \eta_{ijm}^l)}{\sum_m \exp(-\theta_{m1}^l S_{ijm}^l + \theta_{m2}^l R_{ijm}^l + \eta_{ijm}^l)} \cdot T_{ij}^l \quad (1-44)$$

ただし、 T_{ijm}^l ：トリップ目的lでODペアij間のトリップ数を示す。

また、トリップは最終的には帰宅目的のトリップで1日の行動を完結するため、帰宅目的のトリップは他の目的トリップの「裏返し」と仮定し、他目的トリップと独立に決定されるのではなく他目的トリップから算出される。ODペアij間で交通手段mの帰宅トリップ数は以下のようなになる。

$$T_{ijm}^R = \eta^W T_{ijm}^W + \eta^S T_{ijm}^S + \eta^H T_{ijm}^H + \eta^B T_{ijm}^B \quad (1-45)$$

ただし、 \emptyset : パラメータを示す。

4) 目的地選択モデル

利用者の目的地の選択行動もロジットモデルで表現し、トリップ目的lでiゾーンからの発生交通量がjゾーンを選択する確率は以下のように表される。

$$P_{ij}^l = \frac{\exp(-\theta_{j1}^l S_{ij}^l + \theta_{j2}^l R_j^l + \eta_{ij}^l)}{\sum_j \exp(-\theta_{j1}^l S_{ij}^l + \theta_{j2}^l R_j^l + \eta_{ij}^l)} \quad (1-46)$$

$$S_{ij}^l = -\frac{1}{\theta_{m1}^l} \ln \left[\sum_m \exp(-\theta_{m1}^l S_{ijm}^l + \theta_{m2}^l R_{ijm}^l + \eta_{ijm}^l) \right] \quad (1-47)$$

ただし、 P_{ij}^l : トリップ目的lでゾーンiの発生交通量がjゾーンを選択する確率、 S_{ij}^l : トリップ目的lでODペアij間の期待最小費用、 R_j^l : トリップ目的lでjゾーンの経済規模、人口規模等の固有の説明要因、 η_{ij}^l : トリップ目的lでODペアij間の固有のパラメータであり、キャリブレーションで計測されるものである。

トリップ目的lでODペアij間の交通量は以下のようなになる。

$$T_{ij}^l = P_{ij}^l \cdot ZX_i^l = \frac{\exp(-\theta_{j1}^l S_{ij}^l + \theta_{j2}^l R_j^l + \eta_{ij}^l)}{\sum_j \exp(-\theta_{j1}^l S_{ij}^l + \theta_{j2}^l R_j^l + \eta_{ij}^l)} \cdot ZX_i^l \quad (1-48)$$

また、この目的地選択モデルから発生トリップベースの期待最小費用が以下のように計測され、目的別の期待最小費用として家計や企業の立地行動モデルに入力される。

$$q_i^l = -\frac{1}{\theta_{j1}^l} \cdot \ln \left[\sum_j \exp(-\theta_{j1}^l S_{ij}^l + \theta_{j2}^l R_j^l + \eta_{ij}^l) \right] \quad (1-49)$$

1.4.2 CUE モデルの国内への適用事例

CUE モデルは、1.1 節で示した発展経緯の下、1.4.1 節で示した全体構造をもって、LUTI モデルの標準型を形成するに至っているが、本節では、CUE モデルを実用モデルとして日本国内の交通施策に適用した事例を紹介する。

1.4.2.1 東京湾アクアラインの料金値下げ効果の計測への適用¹⁴⁾

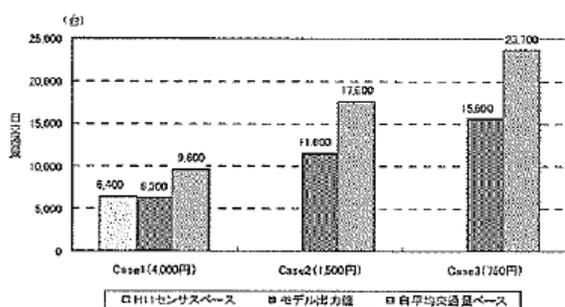
京浜・京葉工業地帯を結ぶ幹線道路である東京湾アクアライン（以下、アクアライン）は、平成9年の供用開始後から計画の平均交通量に対し4割程度と低迷しており、平成12年に京葉道路などの周辺道路との料金プール制、平成18年にETC利用者への通行料金割引などの交通施策を実施し、交通量の一定の増加が得られると共に、アクアラインの機能・役割をより向上させる為に、更なる料金値下げへのニーズが高まっていた。そのような中、千葉県による「東京湾アクアラインの交通・経済等効果検討委員会」において、山崎ら¹⁴⁾はアクアラインの料金値下げによる長期的・潜在的な影響・効果を、交通・土地利用・環境・経済などの多角的な視点から定量的に計測する事を目的に、CUE モデルを適用している。本分析の最大の特徴は、アクアラインの料金値下げによる交通・土地利用への波及効果を計測するのみではなく、その社会的便益を発生ベースではなく帰着ベースで計測する事により、交通施策の意思決定者に対し料金値下げの効果を明示化している点である。

CUE モデルの構造は、1.4.1 節で示す基本構造に対して、アクアラインは貨物輸送としての利用も多い事から、交通行動モデルに貨物流動モデルを考慮している。具体的には、貨物運送業者の生産・販売等に関する詳細データが存在しない等、利潤最大化行動をモデル化する事が困難である事から、シンプルな重力モデルとしている。尚、シミュレーション条件は、実際の料金引き下げが始まる前の平成11年のアクアライン通行料金：4,000円を基準(Case1)とし、現行料金（当時）3,000円の半額：1,500円(Case2)と現行料金3,000円の1/4：750円(Case3)とした際の変化を計測する事により、料金値下げ効果を評価している。

図1-26から図1-28に上記条件による評価結果の一例を示す。CUEモデルを用いる事により、交通モデルでは、料金値下げによる交通総量の増減のみではなく、希望線図によるトリップの可視化を通じて利用者への波及範囲の明示化を行っている。また、土地利用モデルでは、家計の人口移動・企業の立地移動の推計を通じ、料金値下げ効果が都市構造に与える影響を評価している。本分析では、料金値下げにより約2,000人の人口が立地変更を行い交通トリップ数が増加するという直接的な効果が得られるが、一極集中である現在の都市構造を多極分散構造に変化させるまでには至らない事が判断できる。また、便益評価では、家計・企業・地主・貨物事業者への帰着便益

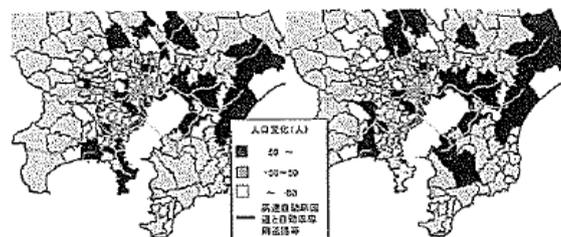
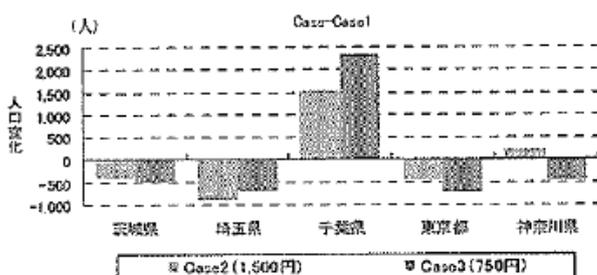
と施策による料金収入変化から都市圏としての総便益の評価を実施しているが、各地域への帰着便益についても明示化をしている。例えば、料金値下げによる時間短縮効果等により南房総地域では便益がプラスとなるが、市原市周辺は交通混雑に伴い便益がマイナスなる等である。これにより、意思決定のスムーズ化と地域住民との明確な合意形成を得る事が可能となる。

本ケースの場合、分析結果から得られた評価を元に、平成21年より ETC 車への割引料金制度（800 円）の導入に繋がっている。これにより、アクアライン交通量は平成20年に比べ約1.4倍と大幅な増加を実現している。平成28年度実績では456百台/日にまで達しており、平成9年の供用開始との比較では約4.6倍まで達している。



図一5 Case 1 (4,000 円) 図一6 Case 2 (1,500 円)

図 1-26 アクアライン推計交通料の変化¹⁴⁾

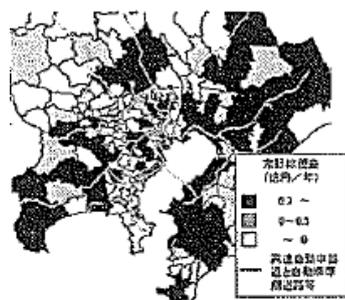


図一9 Case 2-Case 1 図一10 Case 3-Case 1

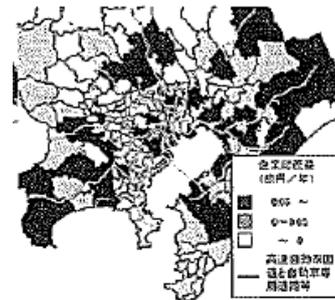
図 1-27 各都道府県の人口数の変化¹⁴⁾

		Case2 (1,500円)	Case3 (750円)
便 益 (億円/年)	合 計	67.52	90.99
	家計便益	27.32	41.99
	企業便益	1.33	2.46
	地主便益	-0.38	1.06
	貨物便益	39.24	45.49
料金収入変化 (億円/年)	合 計	-57.44	-45.21
	アクアライン 料金収入	-46.21	-77.34
	他高速道路 料金収入	-11.23	32.12

注) 料金収入変化は基準ケース (Case 1) との差分である。



図一19 Case 3 (家計)



図一21 Case 3 (企業)

図 1-28 通行料金値下げによる各地域への帰着便益¹⁴⁾

1.4.2.2 国土交通政策研究第42号 「経済成長と交通環境負荷に関する研究Ⅰ」³⁴⁾

地球温暖化による温室効果ガスの抑制が求められる中、運輸部門におけるCO₂排出量削減施策を精緻に評価する事を目的に、国土交通省による政策評価としてCUEモデルを適用した事例である。

図1-29はモデルの全体構造を示している。本モデルは3つのモデルから構成されており、上位より、総従業者数を推計しCUEモデルへインプットする地域マクロ経済モデル、交通ネットワークやゾーン等の空間データを基に交通施策における交通量の変化を推計するCUEモデル、CUEモデルの推計結果を基にCO₂排出量を推計するCO₂排出量推計モデルで構成され、CUEモデルを交通施策評価の軸として、入力側と出力側に特定目的に特化したモデルを連携させている。尚、本分析におけるCUEの構造についても1.4.1節で示すものと同一となっている。

本分析では、東京圏（1都3県）に茨城県を加えた地域を対象に169ゾーンに分割し評価を実施している。尚、エリア中心部及び近郊都市については区市町村単位のゾーン区分するものの、エリア周辺部に至っては区市町村より大きなゾーンも存在する。

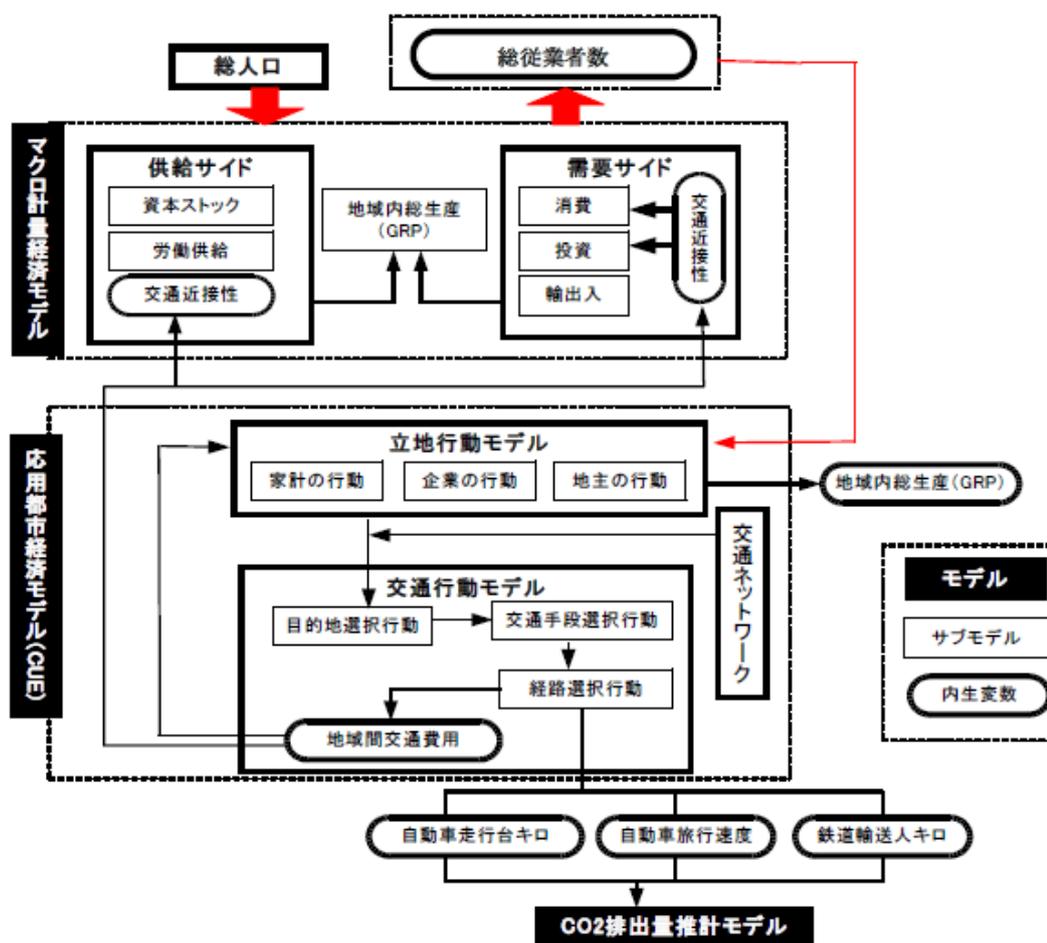


図1-29 評価モデルの全体構造³⁴⁾

国土政策の評価は1995年を基準年とし、2030年において図1-30に示す交通基盤整備が実施された場合（with）と交通基盤整備を実施しない場合（without）による、交通トリップ量の変化から、CO₂排出量の評価を実施している。

評価の結果として、交通基盤整備による交通トリップ数の増加により、CO₂排出量は増加するとの結論が得られている（但し、CO₂排出量については交通整備を実施しない場合でも一定の増加を示す）。一方、交通基盤整備は地域社会に多大な社会便益を与え、経済発展を促進させる結果も得られている。本結果の国土政策の観点からの示唆としては、経済成長とCO₂発生量増加をデカップリング（分離）する為の施策、例えば、ロードプライシングや公共交通の運賃施策などの導入の必要性が明確になった事であり、これにより国土政策の次検討の方向性が定められている。この様に、CUEモデルは我が国の国土政策の方針策定に活用されていると共に、同書では評価結果の信頼性向上に向けた理論モデルの更なる改善について示唆されている。

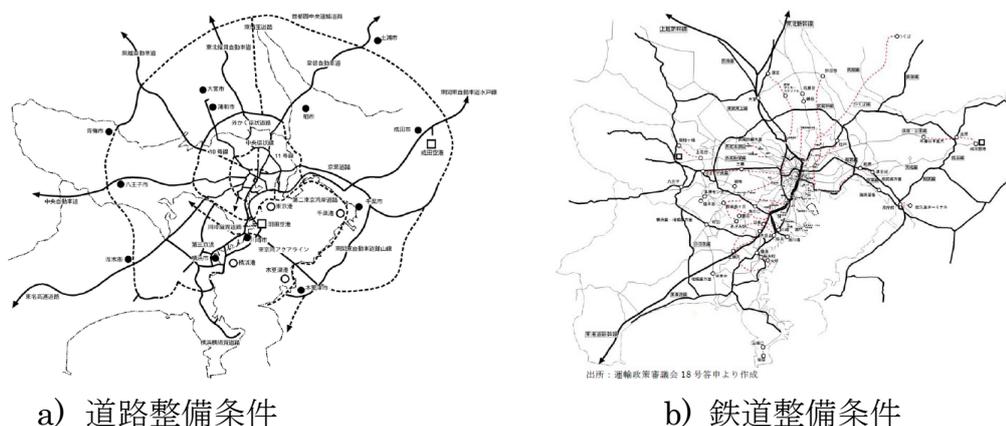


図1-30 前提条件：交通基盤整備³⁴⁾

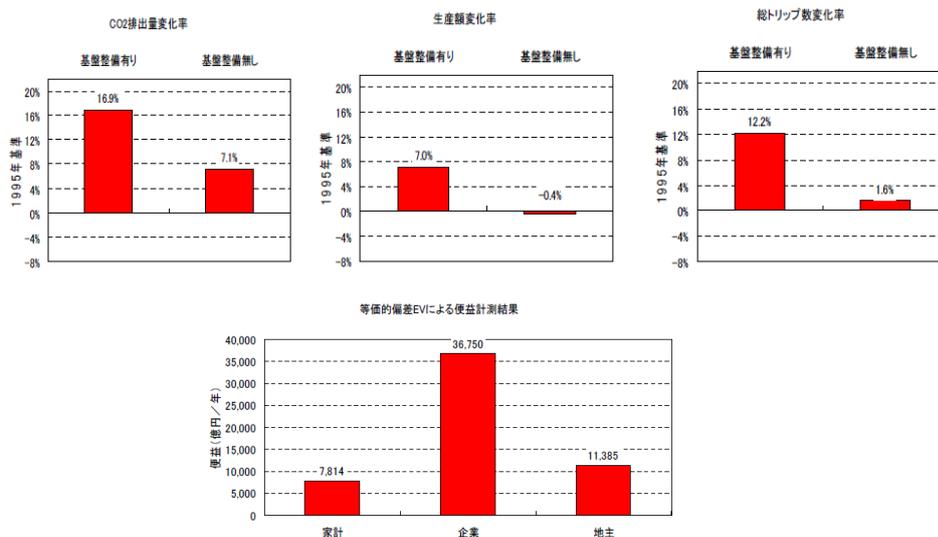


図1-31 評価結果の一例³⁴⁾

1.4.2.3 建物市場を考慮した応用都市経済モデルの可能性³⁵⁾

CUE モデルの国土政策立案や交通整備評価としての実用化が進む中、CUE モデルの更なる発展に向け、土地市場しか考慮していなかった従来の CUE モデルに、建物市場を加える事による効果を検証した取組みが本研究である。

その課題意識は、従来の CUE モデルでは立地者は地主より供給された土地の上に立地すると想定したものを、開発者という新たなエージェントが土地の上に建設する建物床の上に立地者は立地するという、現実 に即したモデル構造（所謂、土地市場+建物市場）にする事により、従来の CUE モデルの評価結果に与える影響を実証的に考察する事にあてられている。

モデルの全体構造は図 1-32 に示す通りであり、従来の CUE モデルとの差異は、「開発者の土地需要・建物床供給」プロセスが含まれている部位である。「開発者」は各ゾーンの住宅・業務の用途別に 1 人ずつ存在すると仮定し、建物市場において家計・企業と建物床の賃貸取引を行うと共に、土地市場において地主と土地の賃貸取引を行うメカニズムである。これにより、都心部の様な地価が高く、高層ビルが建設される土地において、従来の CUE モデルでは、建物床面積が考慮されていない事により、消費する土地面積が過小評価されていた課題を解消し、適切な建物床面積の供給量を表現する事が可能となる。

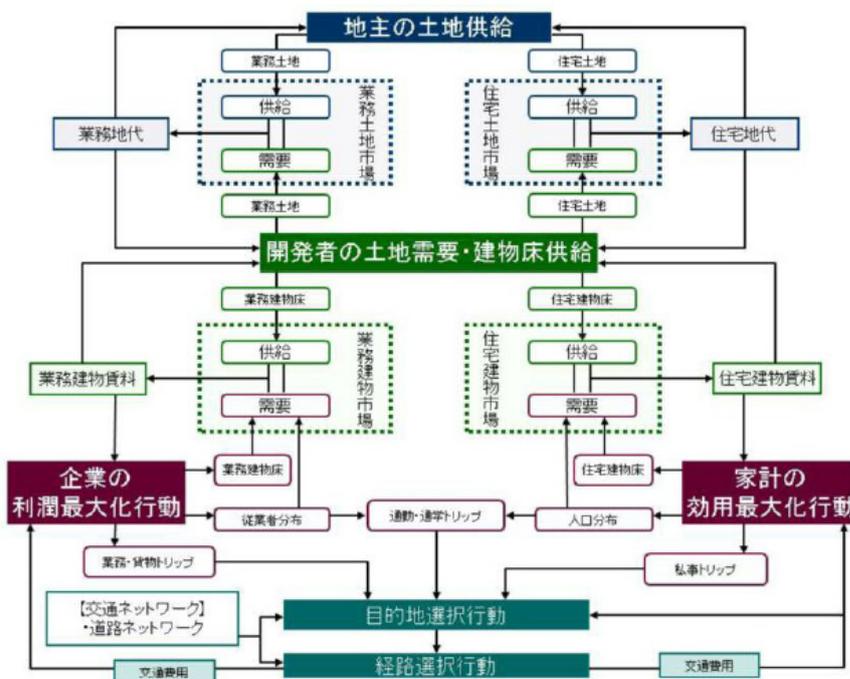


図 1-32 建物市場を考慮した CUE モデルの構造³⁵⁾

モデル化にあたっては、「開発者の行動」は資本と土地を生産要素財とし、容積率規制内で建物生産による利潤を最大にすると仮定し以下の理論式で表現され、その他のエージェントの行動は、2.1節で示す理論式と同一である。

$$\prod_i^D = \max_{Q_i, L_i, K_i} [R_i Q_i - P_i L_i - M K_i] \quad (1-50)$$

$$Q_i = \tau \cdot L_i^a \cdot K_i^b \quad (1-51)$$

式(1-50)、式(1-51)の最適化問題を解くと、利潤関数は式(1-52)で表され、Hotellingの補題を用いる事で建物床供給関数： Q_i と土地需要関数： L_i が式(1-53)、式(1-54)の通り導出される。

$$\prod_i^D = \varphi_1 \cdot R_i^{\frac{1}{1-a-b}} \cdot P_i^{-\frac{1}{1-a-b}} \quad (1-52)$$

$$Q_i = \varphi_2 \cdot R_i^{\frac{a+b}{1-a-b}} \cdot P_i^{-\frac{1}{1-a-b}} \quad (1-53)$$

$$L_i = \varphi_3 \cdot R_i^{\frac{1}{1-a-b}} \cdot P_i^{\frac{1-b}{1-a-b}} \quad (1-54)$$

但し、 Q_i が法定容積率による制限を超える場合、開発者の建物床供給関数、土地需要関数は式(1-55)、式(1-56)となる。

$$Q_i = \bar{Q}_i \quad (1-55)$$

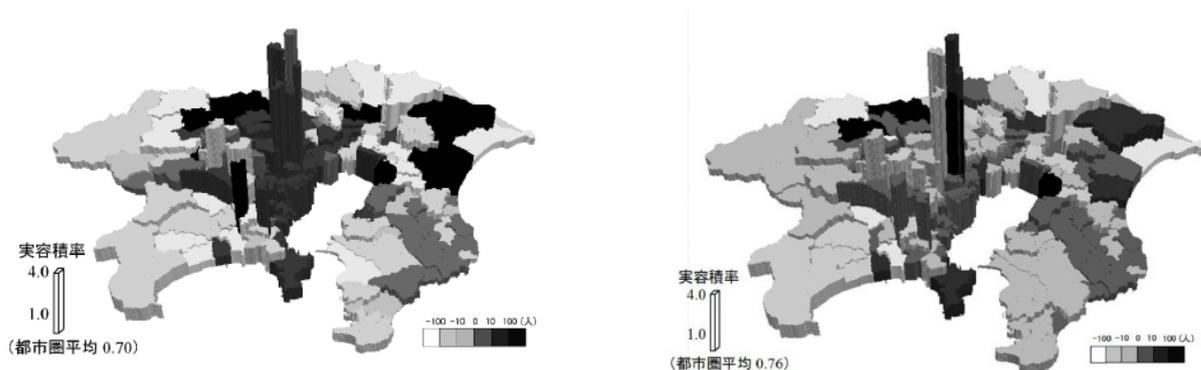
$$L_i = \frac{\bar{Q}_i}{\mu_i} \quad (1-56)$$

ここで、 \prod_i^D ：ゾーン*i*の開発者の利潤、 R_i ：建物質料、 Q_i ：建物生産床面積、 P_i ：土地地代、 L_i ：開発者に供給された土地面積、 M ：土地以外の資材価格（一定）、 K_i ：土地以外の資材投入量、 $a, b, \tau, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ ：パラメータ（但し、 $0 < a + b < 1$ ）である。

上述の理論モデルの下、本研究では山崎ら¹⁴⁾による東京湾アクアラインの料金値下げ効果の評価と同一条件下で、従来のCUEモデルと建物市場を考慮したCUEモデルの結果の比較検証を通じて、建物市場を考慮したCUEモデルの有用性を評価している。結果として、都心部の容積率の高い地域において建物市場を考慮したCUEモデルの方が人口立地・従業者立地・交通量が増加する傾向が確認されている。これは、前述の通り、建物市場を考慮する事により都心部における建物供給面積が従来のCUEモデルより多くなり、均衡計算で得られる建物質料が割安になる為である。また、最終的な便益に関しても差異が生じており、交通発生量の地域的な分布の変化と混雑による測度低下の影響が重なり、総便益は従来のCUEモデルに対して6割程度となる。この様に、建物市場を考慮する事により土地利用が変化し、その影響により交通量にも影響を与える事が確認され、建物市場を考慮する事によりCUEモデルの予測精度

を向上できる可能性が示されている。

以上のように、従来の CUE モデルに建物市場という新たな市場を考慮する事により、CUE モデルの発展の可能性が示された一方、建物市場の分析に必要な建物賃料や建物床面積のデータは、日本においても十分に整備されていない事から、今後はデータ整備という観点からも、実用化に向けた検証が必要な状況であると言える。



a) ゾーン別人口変化と実用性率
(従来の CUE モデルとの差分)

b) ゾーン別従業者変化と実用性率
(従来の CUE モデルとの差分)

	従来型CUEM	新型CUEM
自動車総トリップ数	0.048	0.049
平均トリップ長	-0.1	-0.38
総走行台キロ	-0.011	0.082
総走行台時	0.72	0.038
平均速度	0.00	-0.48

		従来型CUEM	新型CUEM
便益(億円/年)		369.8	207.0
料金収入変化 (億円/年)	アクアライン 料金収入	-23.8	-21.2
	他高速道路 料金収入	-32.1	-4.3
	合計	-55.9	-25.5

c) 道路ネットワーク評価指標の変化

d) 便益の変化

図 1-33 建物市場を考慮した CUE モデルの評価結果³⁵⁾

1.5 CUE モデルが抱える課題

前節で示した通り、CUE モデルは省庁による国土政策の方針策定や自治体による都市・交通開発の施策評価の分野において、実用化モデルとしての実績を積み重ねている。このように、CUE モデルは日本国内において様々な実績を有する一方、CUE モデルの更なる精度向上に向けた課題も指摘されている。

堤ら⁵⁾によると、CUE モデルが抱える課題は大きく3つに体系化され、① 現行のCUEモデルの枠組みにおける課題、② 現行枠組みの拡張に向けた課題、③ CUEモデルの普及に向けた課題としている。体系化された各課題を図1-34に示す。これらの課題の中で着目すべきは、課題体系①に分類される、「データ利用の精緻化」及び「設定するゾーンや主体の細分化」である。CUEモデルは理論式上のパラメータのキャリブレーションを容易にする為、公的に入手可能な集計データを用いる構造としている。その為、統計的データの整備状況にCUEモデルの推定精度が依存するという課題を有する。極論をすれば、統計データが存在しなければデータセットを構築できない。また、統計データが整備されていてもCUEモデルの分析で必要とされるゾーン区分に合致した粒度の統計データが整備されていなければ、CUEモデルを適用する事はできない。本研究で着目するアジア・ASEAN地域へのCUEモデルの適用を見据えた際、CUEモデルに必要なデータの整備状況は大きな課題となる可能性を有する。このように、CUEモデルの課題を考えた場合、体系化②や③の様な現行体系を超えた課題に対してアプローチする事も大事である一方、CUEモデルの信頼性と適用範囲の拡大を図る為には、体系①に示す現行の課題に対しても、実証検証等を通じた対応が求められる。

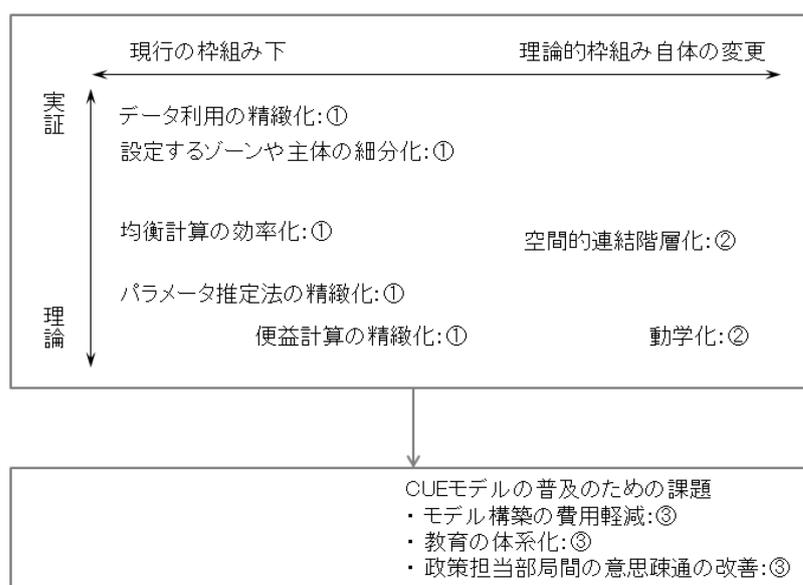


図1-34 CUEモデルの課題【各課題の後の番号は体系化分類を示す】

(堤ら³⁾の図表を基に加筆)

また、アジア・ASEAN 地域への CUE モデルの適用に向けては、前述したデータ整備の課題の他に、アジア・ASEAN 地域特有の環境に CUE モデルを対応させる事も重要な視点となる。即ち、CUE モデルは比較的経済格差が少ない日本で開発された事から、家計・企業の選択行動は各家計・各企業は同一として扱っている。一方、アジア・ASEAN 地域の場合、日本に比べ経済格差が大きく、所得階層により交通行動・モード選択が異なる³⁶⁾。例えば、所得階層により大きく異なる時間価値やアジア特有の低所得者向けのパラトランジットの利用など、これまで経済格差の少ない日本で構築された CUE モデルには加味されていない条件が複数存在する。このような特徴を持つアジア・ASEAN 地域に CUE モデルを適用させる為には、社会経済属性に応じた選好行動の違いを考慮した CUE モデルの検証を踏まえ、CUE モデルの発展の方向性を示す事が必要であると考えられる。

更に、CUE モデルの実用上の課題については、小池³⁾からの指摘も重要である。その指摘は、CUE モデルの立地選択行動の推定に集計ロジットモデルを適用している点に向けられており、立地選択モデルによる推定精度の改善の必要性を示唆するものである。具体的には、CUE モデルの立地選択行動は 1.4.1 節の式(1-9)により規定され、間接効用関数は式(1-6)により設定される。このうち、間接効用関数の各財の支出量を定める支出配分パラメータはある一時点（基準年）の経済データからキャリブレーションにより一意に決定している。また、立地選択行動については、間接効用関数のみでは立地状況（人口分布）の現況再現は困難であり、式(1-9)の調整項： τ_i^H を定数項補正する事により、現況再現性を高めると共に、CUE モデルの操作性・柔軟性を高め、実用化モデルとして各施策への適用を容易にしている。しかしながら、このような立地選択モデルのメカニズムの妥当性検証はこれまで十分に行われているとは言い難い状況である。例えば、間接効用関数で直接計測できない誤差因子を調整項として基準年で定数項補正し将来予測に用いる事が、立地選択行動に対する外部性（特定地域への人口集中など）の効果を定数化し、結果的に立地選択行動の予測誤差に繋がる可能性が考えられる。また、従来から経験則的に実施されてきた間接効用関数のキャリブレーション手法の妥当性についても、検証の余地があると考えられる。この様に、現状の CUE モデルの潜在的課題の一つとして、立地選択行動の推定精度向上に関する検証を行う事が必要であると考えられ、CUE モデルの信頼度向上と適用範囲の拡大に向けて重要な取組であると考えられる。

1.6 CUE モデルに必要となるデータと整備状況

前節において、CUE モデルが抱える課題の一つとして、「集計データの整備状況への依存性」に焦点を当てた。本節では、CUE モデルで必要となるデータセットを示した上で、国内でのデータセットの整備状況を示すと共に、アジア・ASEAN 地域における整備状況として、アジアの先進国と新興国の各々について調査を行った結果について示す。

1.6.1 CUE モデルに必要となるデータセット

CUE モデルに用いるデータは、理論モデルの各パラメータのキャリブレーションを簡素化する為、公的に入手可能な集計データを用いるという点に大きな特徴がある。表 1-1 は CUE モデルで必要となるデータセットを示している。データセットは主に、道路・鉄道・バスなどの交通ネットワークを構築する為の“ネットワークデータ”，家計・企業のゾーン間の移動トリップ量を示す“交通データ”，そして各ゾーンの地代・土地利用量・居住者数などを示す“土地利用データ”から構成される。日本における CUE モデルを用いた分析では、分析基準年の各データを公開情報等から集計する事により、分析に必要なデータセットを構築している。

表 1-1 CUE モデルで必要となるデータセット

データ区分	内 容	用 途
ネットワークデータ	道路ネットワーク	分析対象エリアの道路・鉄道・バスのネットワーク構築に利用。将来施策を検討する場合は、将来の各計画データも整備されている事が望ましい。
	鉄道ネットワーク	
	バスネットワーク	
交通データ	目的地・手段別 OD データ	交通モデルで必要となる、分析基準年における目的地・交通モード毎の OD データ。各家計・企業の個別データを用いる必要があり、分析の内容によっては、属性ごとの区分も求められる。一般的に、各地域で定期的な実施されるパーソントリップデータを用いる。
	道路交通センサス	交通モデルの経路選択モデルにおいて推定された、各リンクの混雑度の実態との整合性を評価する為に用いる。
土地利用データ	人口データ	地域の人口数（世帯数）と従業員数である。ゾーン区分ごとの集計値が必要となる。
	従業人数データ	
	地代	各ゾーンの地代である。公示地価に経済状況等から設定される利子率を用い設定する事が一般的である。
	所得	各ゾーンの家計（世帯）の所得である。自治体等が発行する公的情報を用いて設定する場合と、一日の総利用可能時間と賃金率の積と通勤・通学の消費費用との差分より求める方法がある。
	支出配分パラメータ	土地利用モデルの間接効用関数で必要となる、家計の所得等から各価格の消費量を定めるパラメータである。
	土地利用可能面積	各ゾーンにおける、住宅用・業務用の利用可能面積。公的なデータから設定する。
土地面積	各ゾーンにおける、住宅用・業務用の利用面積。公的なデータから設定する。	

尚、将来時点の状況を分析する際には、支出配分パラメータ等は基準年のパラメータ値を固定値として用い、人口や従業者数等の様に社会経済変化の影響を強く受けるデータについては、GDP 成長率などを用いる事により将来時点の状態を推定する事が一般的である。

1.6.2 日本における CUE モデルに必要なデータの整備状況

CUE モデルに必要なデータセットは表 1-1 に示す通りであるが、実際の分析を行う際には、交通施策の種類や対象地域の都市レベルに応じて、最適なゾーン区分の単位を選定する事が求められる。従来、CUE モデルの評価対象となる交通施策は、都市レベルを対象とした施策が主体であり、ゾーン区分も大きく『市・区レベル』、詳細な分析を要する場合は『町丁目レベル』となる。そこで、本節では日本における CUE モデルに必要なデータ整備の状況を、『国・県レベル』・『市・区レベル』・『町丁目レベル』の3つの段階に分けて記す。

表 1-2 日本における CUE モデルに必要なデータの整備状況

項目	データ	データ整備メッシュ			リンク	
		国・県	市・区	町丁目		
ネットワークデータ	道路ネットワーク	デジタル道路地図		✓	* 一般財団法人日本デジタル道路地図協会 http://www.drm.jp/	
	鉄道ネットワーク	国土数値情報【鉄道データ】		✓	* 国土交通省国土政策局国土情報課 http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N02-v2_3.html	
	バスネットワーク	国土数値情報【バスルート情報】 デジタル道路地図		✓	* 国土交通省国土政策局国土情報課 http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N07.html * 一般財団法人日本デジタル道路地図協会 http://www.drm.jp/	
交通	ODデータ【目的・手段別】	パーソントリップデータ		✓	* 例：近畿圏PT調査データ【H22年】 http://www.kkr.mlit.go.jp/plan/pt/	
	リンク交通量データ	道路交通センサデータ		✓	* 例：道路交通センサデータ【H22年】 http://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/index.html	
土地利用	人口データ	国勢調査データ【人口等基本統計調査】	✓	✓	✓	* 総務省統計局情報 http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2015/
	従業人数データ	経済センサデータ	✓	✓	✓	* 総務省統計局情報 http://www.stat.go.jp/data/e-census/
	地代	公示地価情報	✓	✓	✓	* 自治体統計情報（例：兵庫県） https://web.pref.hyogo.lg.jp/kk11/ac08_1_00000124.html
	所得	住宅土地統計調査 *収入区分世帯数から推定	✓	✓	未整備	* 総務省統計局情報 http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2013/tyousake.htm#1
	支出配分パラメータ	家計調査年報 *収入に占める支出量から設定	✓	✓	未整備	* 総務省統計局情報 http://www.stat.go.jp/data/kakei/npsf.htm
	土地利用可能面積	国土数値情報【土地利用細分メッシュデータ】	✓	✓	✓	* 国土交通省国土政策局国土情報課 http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L03-b.html
	土地利用面積	同上	✓	✓	✓	

表 1-2 に日本における CUE モデルに必要なデータの整備状況を記す。結論からすると、日本では省庁の強いイニシアチブの下で各種データの整備が進んでおり、『国・県

レベル』から『町丁目レベル』に至るまで、公開情報より入手可能な環境にある。例えば、国土交通省国土政策局が所管する『国土数値情報ダウンロードサービス』は、日本における国土情報から鉄道ネットワークデータまで整備されており、他国に類を見ない充実度を示している。また、総務省統計局が整備する『統計データ』も人口データ・従業員データ等、多くを網羅すると共に定期的なデータ更新・蓄積がなされている点も利用価値が高い。更に、交通データであるパーソントリップデータも大都市圏・中枢都市圏などを中心に定期的に調査が行われている。このように、日本は経済成長の過程において交通施策の評価に必要なデータを蓄積する仕組みが構築されており、これらが都市の効率的な発展に寄与した面も大きいと考えられる。

1.6.3 アジアの先進国における CUE モデルに必要なデータの整備状況

前節に引続き、本節ではアジアの先進国のうち、台湾のデータ整備状況に着目する。尚、本節の内容は、第2章の検討を通じて得られた知見を含むものである。

表 1-3 に台湾における CUE モデルに必要なデータの整備状況を記す。その特徴としては、ネットワークデータ・交通データは都市圏において日本と遜色ないデータが整備されているものの、リンク交通量データの整備を十分とは言えず、市政府が独自で計測した定点データに留まる状況である。また、土地利用データは“人口データ”を除き、『市・区レベル』の整備に留まっており、『町丁目レベル』のデータ整備までは至っていない。これは、例えば都市内に整備予定の鉄道の導入評価を行う際に、『市・区レベル』の1ゾーンに整備対象の鉄道が収まってしまい、CUE モデルにおいて分析が出来ない事を意味する。

都市開発・交通整備の意思決定者である政府機関・自治体は、その整備効果をより精緻に導出・評価する事を望み、CUE モデルを含む LUTI モデルの適用に興味を示す一方、現実には分析に必要なデータが整備されていない事から、断念するケースも見られる。このような課題背景から、第2章で記す本研究においては、既に整備済みの『市・区レベル』のデータを基に衛星画像のデータを重ねる事により、不足する『町丁目レベル』のデータを推定し、CUE モデルの分析を行うという試みを行っている(表 1-3 のうち、推定と記載されている町丁目データが、第2章の研究において推定したデータを示している)。

このように、日本から一步外に出ると、アジアの先進国である台湾でさえ、CUE モデルに必要とされるデータセットの整備は成し得ていない状況であり、CUE モデルのアジア・ASEAN 地域への適用に向けては、大きな課題とでると言える。

表 1-3 台湾における CUE モデルに必要なデータの整備状況

項目	データ	データ整備メッシュ			備考	
		国・県	市・区	町丁目		
ネットワーク データ	道路ネットワーク	Open Street Map	✓			
	鉄道ネットワーク	Google Map	✓			
	バスネットワーク	仮想的なバスネットワークを構築		推定	*バスネットワークデータの整備が十分でなかった為、OD表を基に/ストリップ発生量を推定し、目的地選択モデル(ロジック)モデルにより推定(詳細は5章に記載)	
交通	ODデータ 【目的・手段別】	自国調査による目的別手段別ODデータ	✓		*出典 - Establishment of Model of Transportation Demand forecasting in Taipei metropolis - Strategy of Transportation Planning and Development in Taoyuan Prefecture	
	貨物ODデータ	自治体の貨物トリップデータを基に、旅客OD表との按分で設定	✓		*貨物トリップデータ - Survey report on motor vehicle freight traffic Taiwan area R.O.C	
	リンク交通量データ	道路交通センサデータ	部分的に整備		*桃園市政府が独自に調査した定点データ	
土地利用	人口データ	自治体発行の統計値	✓	✓	✓	*市区レベルの人口 2009 Statistical Abstract of Taipei City/ Shinpei City/ Keelung City/ Taoyuan Prefecture *町丁目単位の人口 自治体が公開する、町丁目単位の人口を利用
	従業人数データ	【市・区メッシュ】 自治体発行の統計値 【町丁目メッシュ】 市単位の従業人数を基に、町丁目ゾーンの都市的土地利用面積より按分	✓	✓	推定	*市区メッシュの自治体発行統計値 Industry, Commerce and Service Census Number of persons engaged end of 2006
	地代	【市・区メッシュ】 自治体発行の統計値 【町丁目メッシュ】 市単位の地代データと人口密度から回帰式を構築し、対象小ゾーンの人口密度より推定	✓	✓	推定	*市区メッシュの自治体発行統計値 Urban Land Price Index 2009 report which is published by the Dept. of land Administration in Taiwan
	所得	利用可能時間(固定値)と通勤時間の差に、賃金率を乗じたものを設定	推定	推定	未整備	
	支出配分パラメータ	支出配分パラメータは効用関数の最大化問題により導出される需要関数から最小二乗法により導出	推定	推定	未整備	
	土地利用可能面積	【市・区メッシュ】 都市計画マスタープラン報告書 【町丁目メッシュ】 市単位の住宅利用可能面積を基に、小ゾーンのゾーン面積により按分	✓	✓	推定	*市区メッシュの自治体発行統計値 台北市・新北市・基隆市・桃園市が発行する都市計画マスタープラン報告書
	土地利用面積	【市・区メッシュ】 都市計画マスタープラン報告書 【町丁目メッシュ】 市単位の住宅利用可能面積を基に、住宅系・業務系の面積を集計し、面積按分により推定	✓	✓	推定	*市区メッシュの自治体発行統計値 台北市・新北市・基隆市・桃園市が発行する都市計画マスタープラン報告書
	Google Mapを用いた小ゾーンの都市的面積の推定	小ゾーンの住宅系・業務系面積を導出する為に、Google Mapにより小ゾーンを250mメッシュにて細分化し、目視確認にて緑地・住宅・非住宅(業務)交通インフラに区分。	-	-	推定	*手法に関する詳細: 第5章に記載

1.6.4 アジアの新興国における CUE モデルに必要なデータの整備状況

前節に引続き、本節ではアジア・ASEAN 地域の新興国のデータ整備状況について記す。1.2 節にて述べた通り、当該地域は急激な経済発展に伴い多くの都市インフラ整備が計画され、CUE モデルの適用が求められている地域である。表 1-4 は新興国における CUE モデルに必要なデータについて、公開情報を基に整備状況を纏めたものである。

道路・鉄道のネットワークデータでは、Open Street MAP に代表されるオープンデー

データの普及により、大凡のデータは入手できる状況にある。但し、バスネットワークデータまでは対象となっていない事から、バスネットワークを考慮する事が求められる場合は、基礎データを基に新たなネットワークモデルを構築する必要がある。

交通データでは、目的地・手段別 OD データが必要であり、その構築の為にはパーソントリップデータが必要となるが、その整備状況は大きく2つに区分される。Case1は自国によりパーソントリップ調査を実施している場合であり、1人当たりのGDPが10,000US\$を超えるアジア先進国の主要都市や当該データの整備に積極的なタイ（1人当たりのGDP：約6,000US\$）等が該当する。Case2は日本における途上国の開発援助の一環として独立行政法人国際協力機構（以下、JICA）により進めているパーソントリップ調査である³⁷⁾³⁸⁾。同機構による調査結果は、研究用途向けに無料で提供されており、2017年2月時点では世界24都市（内、アジアは13都市）のデータが利用可能な環境にある。この、JICAによるパーソントリップ調査データについては次節にて詳細に記すが、前述の2つに該当しない地域に関しては、パーソントリップ調査が整備されておらず、本格的な交通整備の効果評価が必要な場合は、パーソントリップ調査から着手する必要がある。尚、当該パーソントリップデータにはリンク交通量のデータが含まれていない。従い、新興国においてリンク交通量データを取得する為には、新たに主要道路の交通量の定点調査を行う必要がある。本調査の実施については、一定の期間と費用を要する為、CUEモデルの適用に当たっては大きな課題となる。

土地利用データでは、「国・県レベル」のデータは整備されている一方、「町丁目レベル」のデータは何れの国においても整備されていない。また、これらの中間の粒度となる「市・区レベル」のデータは、人口データについては比較的整備が進んでいるものの、その他のデータについては、未整備もしくは一部のデータが欠損している部分的な整備に留まっている状況である。続いて、各データへのアクセス方法については、総務省統計局により各国の統計情報にアクセスできるインターネット上のサイトが整備されており、比較的容易に調査できる環境が整備されている。その他、従業員情報や所得情報については、International Labor Organization : ILOにより各国の情報が提供されているが、「市・区レベル」以下の粒度の情報は未整備である。最後に、土地利用可能面積に代表される土地利用区分データについては、その整備が最も遅れている状況であり、国土交通省 国土地理院による地球地図データにより、「土地被覆データ」が整備されているものの、図1-35に示す様な自然環境と都市地域の区分が可能な程度あり、CUE分析で必要となる「空地／森林・住宅地・工場・交通インフラ」などの区分把握には適合しない。従い、アジア・ASEAN地域へのCUEモデルの適用に当たっては、土地利用データの整備をいかに充実させるかが課題となる。

表 1-4 新興国における CUE モデルに必要なデータの整備状況

項目	データ	データ整備メッシュ			リンク/備考	
		国・県	市・区	町丁目		
ネットワーク	道路ネットワーク	Open Street Map	✓			* URL https://www.openstreetmap.org/#map=13/34.6996/135.1818
	鉄道ネットワーク		✓			
	バスネットワーク		未整備			
交通	ODデータ【目的・手段別】	1) 自国調査データ * PTデータの精度は各国で異なる	部分的に整備			1人あたりGDP:10,000USドル以上の主要国 (例: 日本・韓国・台湾) 1人あたりGDP:6,000USドルのタイもEBUM(PTデータ相当)を整備
		2) JICA PTデータ	部分的に整備			2017年2月: 24都市のPTデータを整備 (アジア: 13都市)
	リンク交通量データ	道路交通センサデータ	未整備			
土地利用	人口データ	国際連合【World Population Prospects】 *各国単位の人口	✓	未整備	未整備	* World Population ProspectsのURL https://esa.un.org/unpd/wpp/Download/Standard/Population/
		各国の統計データ * データ整備状況は各国で異なる	✓	✓	未整備	* 総務省統計局: 世界各国の統計情報: URL http://www.stat.go.jp/info/link/5.htm
	従業人数データ	労働統計総合データベース【International Labor organization】 * 各国の従業人数	✓	未整備	未整備	* ILOのURL 【Employee】 http://www.ilo.org/ilostat/faces/wcnav_defaultSelection?_afRLoop=1487663273098504&_afRWindowMode=0&_afRWindowId=null#!%40%40%3F_afRWindowId%3Dnull%26_afRLoop%3D1487663273098504%26_afRWindowMode%3D0%26_adf.ctrl-state%3Dyp8weu3xv_4
		各国の統計データ * データ整備状況は各国で異なる	✓	部分的	未整備	* 総務省統計局: 世界各国の統計情報: URL http://www.stat.go.jp/info/link/5.htm
	地代	各国の統計データ * データ整備状況は各国で異なる	✓	部分的	未整備	* 総務省統計局: 世界各国の統計情報: URL http://www.stat.go.jp/info/link/5.htm
	所得	労働統計総合データベース【International Labor organization】 * 各国の平均月収データ【職業と業種で区分可能】	✓	未整備	未整備	* 総務省統計局からの誘導URL http://www.stat.go.jp/data/sekai/qa-1.htm#qasnadp * ILOのURL 【Earnings & labor cost】 http://www.ilo.org/ilostat/faces/wcnav_defaultSelection?_afRLoop=1487663273098504&_afRWindowMode=0&_afRWindowId=null#!%40%40%3F_afRWindowId%3Dnull%26_afRLoop%3D1487663273098504%26_afRWindowMode%3D0%26_adf.ctrl-state%3Dyp8weu3xv_4
		各国の統計データ * データ整備状況は各国で異なる	✓	部分的	未整備	* 総務省統計局: 世界各国の統計情報: URL http://www.stat.go.jp/info/link/5.htm
	支出配分パラメータ	各国の統計データ * データ整備状況は各国で異なる	✓	部分的	未整備	* 総務省統計局: 世界各国の統計情報: URL http://www.stat.go.jp/info/link/5.htm
	土地利用可能面積	地球地図全球版/土地被覆データ * 国土地理院・千葉大・他で作成 * 20の項目の土地被覆データ * 主には自然系と都市系に区分可	✓	部分的	未整備	* 国土交通省国土地理院: 地球地図: URL http://www.gsi.go.jp/kankyochiri/globalmap.html * 地球地図全球版/土地被覆データURL https://globalmaps.github.io/glcnm.html
		各国の統計データ * データ整備状況は各国で異なる	✓	部分的	未整備	* 総務省統計局: 世界各国の統計情報: URL http://www.stat.go.jp/info/link/5.htm
土地利用面積	同上	✓	部分的	未整備	同上	

【土地被覆データ区分】		【バージョンと対象国】			
Code	Class Name		Ver1	Ver2	Ver3
1	Broadleaf Evergreen Forest	Data source	MODIS data 2003 (Terra)	MODIS data 2008 (Terra & Aqua)	MODIS data 2013 (Terra & Aqua)
2	Broadleaf Deciduous Forest	Coordinate system	WGS84	WGS84	WGS84
3	Needleleaf Evergreen Forest				
4	Needleleaf Deciduous Forest	Resolution	30 arcseconds	15 arcseconds	15 arcseconds
5	Mixed Forest	Data type	Byte (8bits)	Byte (8bits)	Byte (8bits)
6	Tree Open	Bit order	ordering (Intel x86)	ordering (Intel x86)	Little end ordering (Intel x86)
7	Shrub				
8	Herbaceous	Countries which cooperated in providing training data and validation	◆ 40 Countries and Regions Afghanistan, Argentina, Australia, Austria, Bangladesh, Belgium, Botswana, Brazil, Chile, China, Colombia, Estonia, Hungary, Indonesia, Iran, Italy, Japan, Jordan, Kenya, Republic of Korea, Lao People's Dem. Rep., Latvia, Malaysia, Mexico, Niger, Nigeria, Occupied Palestinian Territory, Papua New Guinea, Romania, Sri Lanka, St Helena Island, Switzerland, Syrian Arab Republic, Thailand, The Philippines, Uganda, Ukraine, United Kingdom, Uruguay, Zimbabwe	◆ 14 Countries and Regions Botswana, Chile, Cote d'Ivoire, El Salvador, Japan, Macao, S.A.R., China, Macedonia, Mexico, Oman, Pakistan, Serbia, Sri Lanka, Thailand, United States	◆ 22 Countries and Regions Algeria, Australia, Botswana, Brazil, Burundi, Chile, Colombia, Germany, Hong Kong SAR China, Japan, Latvia, Macao SAR China, Macedonia, Madagascar, Malaysia, Mexico, New Zealand, Romania, Senegal, Sweden, Thailand, Viet Nam
9	Herbaceous with Sparse Tree/Shrub				
10	Sparse vegetation				
11	Cropland				
12	Paddy field				
13	Cropland/ Other Vegetation Mosaic				
14	Mangrove				
15	Wetland				
16	Bare area, consolidated(gravel,rock)				
17	Bare area, unconsolidated(sand)				
18	Urban				
19	Snow/Ice				
20	Water bodies				

図 1-35 国交省 国土地理院：土地被覆データの整備内容
(青文字は、アジア・ASEAN 地域が該当している事を指す)

1.6.5 JICA パーソントリップデータの整備状況

日本は途上国の開発援助の一環として JICA によりアジア・ASEAN 諸国を中心に 60 以上の都市で都市交通マスタープランの策定やフィジビリティ調査を実施してきており、都市交通計画策定の支援を行っている。その支援範囲は、ハード面では軌道系公共交通機関・バス路線・道路網などの整備計画の検討・提案、ソフト面では交通管理施策や料金施策など土地利用計画を含む提案を実施しており、円借款や無償資金協力など、また自己資金や民間資金、他援助機関の資金により多くが実現に至っている³⁹⁾。

図 1-36 は JICA が主導して実施する都市交通マスタープランの一例であるが、その検討範囲は、土地利用／都市構造・交通インフラ・交通管理・組織／制度に至る広範に及んでおり、多くの場合は本検討に合わせパーソントリップ調査が行われている。

このように、日本では途上国の支援を通じて、都市開発に必要なパーソントリップデータが蓄積されてきたが、近年ではこれらデータのデジタル化に伴い、保管が容易となった事から、JICA では平成 15 年度にその時点で収集可能な都市交通開発調査の PT データ個票を集約し、一定のフォーマットに変換した上で、研究用途向けに無料で提供を始めている³⁷⁾。

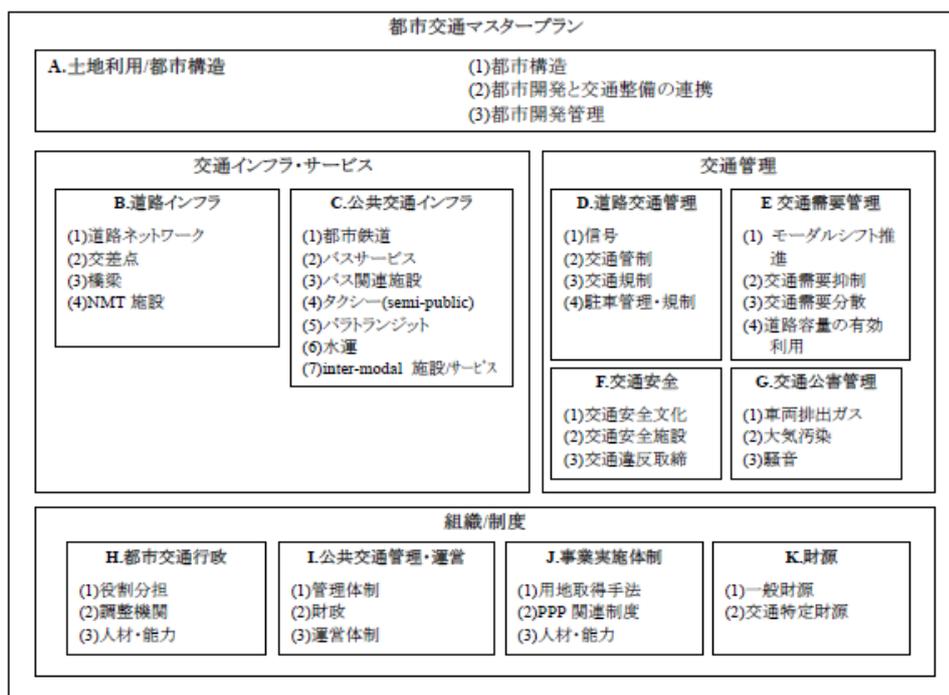


図 1-36 JICA による都市交通マスタープランの構成例³⁹⁾

図 1-37 は 2017 年 2 月時点における、JICA により提供可能なパーソントリップの一覧である。現時点では調査年が 1996 年以降のデータがのべ 25 都市分のデータが整備されており、うち 8 都市については交通需要予測ツールである JICA-STRADA⁴⁰⁾に適合したネットワークデータも整備されている。また、10 都市については、過去に JICA が検討を実施した交通マスタープランの最終レポートも提供データの範囲となっており、これまでに JICA に蓄積されてきたデータ・知識を一括して取得できる状況となっている。次に、整備されているデータの地域別割合について見ると、アジア地域は約半分の 13 都市を占め、ベトナム・モンゴル・バングラディッシュ・パキスタン・カンボジアでは 2008 年以降の比較的新しい調査データが整備されている。残りは、中東・アフリカ・中南米・東欧の都市となるが、2007 年以降ではアフリカの主要都市のデータ整備が多くみられる。

ここで、アジア地域に着目して、パーソントリップデータが整備されている地域と各国の一人当たり GDP の関係について図 1-38 に示す。JICA によるパーソントリップデータが整備されている地域は、一人あたりの GDP が 10,000US\$を下回る各国であり、最近では第二のクアラルンプールやジャカルタへの成長が期待される都市に対して、マスタープラン策定を通じてパーソントリップ調査を実施している状況が伺える。これら都市については、マスタープランを基軸に段階的に交通インフラの整備が具体化していく事から、既に整備済みのパーソントリップデータを活用した、様々な施策の

評価が期待されている。一方、逆の見方をすれば、アジア・ASEAN の大半の都市についてはパーソントリップデータが整備されていない。交通施策の効果を評価する場合、当該地域の移動パターンデータの精度は、分析結果の信頼性に直結する事から、これらの地域の都市整備を効率的に実施する上でも、早急な実地調査が求められる。

【PTデータの整備状況】

#	国	都市	エリア区分	調査年	トリップ数 (概算)	JICA-STRADA ネットワークデータ 有り	JICA交通マスタ ープラン
1	レバノン	トリポリ	中東	2000	8,000		
2	カンボジア	プノンペン	東南アジア	2000	40,000		
3	シリア	ダマスカス	中東	1998	82,000		
4	フィリピン	マニラ	東南アジア	1996	425,000		✓
5	中国	成都	東アジア	2000	70,000		✓
6	ニカラグア	マナグア	中南米	1998	54,000		
7	ブラジル	ベレン	中南米	2000	67,000		
8	ルーマニア	ブカレスト	東欧	1998	169,000		✓
9	エジプト	カイロ	中東	2001	268,000		
10	インドネシア	ジャカルタ	東南アジア	2000	1,083,000		✓
11	マレーシア	クアラルンプール	東南アジア	1999	218,000		
12	ベトナム	ホーチミン	東南アジア	2003	270,000	✓	✓
13	ベトナム	ハノイ	東南アジア	2005	189,000	✓	✓
14	ケニア	ナイロビ	アフリカ	2005	21,000		
15	バレー	リマ	中南米	2003	312,000		✓
16	タンザニア	ダル・エス・サラーム	アフリカ	2007	27,000	✓	
17	ベトナム	ダナン	東南アジア	2008	51,000	✓	
18	モンゴル	ウランバートル	東アジア	2008	38,000		✓
19	バングラディッシュ	ダッカ	南アジア	2009	154,000	✓	✓
20	アフガニスタン	カーブル	中東	2008	26,000		
21	パキスタン	ラホール	南アジア	2010	134,000		
22	ケニア	ナイロビ	アフリカ	2013	39,000		✓
23	モザンビーク	マプト	アフリカ	2012	53,000	✓	
24	カンボジア	プノンペン	東南アジア	2012	87,000	✓	
25	パキスタン	カラチ	南アジア	2011	218,000	✓	

【地域別】



図 1-37 2017 年 2 月時点 : JICA が提供可能なパーソントリップデータ一覧 (JIC へのヒヤリング結果より筆者にて作成)

順位	名称	単位: USドル	ODA対象国	JICA PT-Data			JICA都市交通マスタープラン[1999年以降]			
				有無	#	都市	年度	有無	年度	人口(千人)
1	マカオ	67,079								
2	シンガポール	52,961								
3	香港	43,528								
4	日本	38,917								
5	韓国	27,539								
6	ブルネイ	26,424								
7	台湾	22,453								
8	モルディブ	9,554								
9	マレーシア	9,360	✓	✓	11	クアラルンプール	1999			
10	中国	8,113	✓	✓	5	成都市	2000	✓	2001	4,785
11	タイ	5,899	✓							
12	スリランカ	3,887	✓							
13	モンゴル	3,660	✓	✓	18	ウランバートル	2008	✓	2009	885
14	インドネシア	3,604	✓	✓	10	ジャカルタ	2000	✓	1987,1990,2001,2004	22,000
15	フィリピン	2,924	✓	✓	4	マニラ	1996	✓	1972,1973,1985,1999	20,795
16	ブータン	2,674								
17	ベトナム	2,173	✓	✓	12	ホーチミン	2003		2004	7,785
					13	ハノイ	2005	✓	1997,2007	2,355
					17	ダナン	2008		2010	6,100
18	東ティモール	2,102								
19	ラオス	1,925	✓							
20	インド	1,723	✓							
21	パキスタン	1,468	✓	✓	21	ラホール	2010	✓	2012	9,928
					25	カラチ	2011			
22	バングラディッシュ	1,411	✓	✓	19	ダッカ	2009	✓	2010	10,135
23	ミャンマー	1,269								
24	カンボジア	1,230	✓	✓	2	プノンペン	2000	✓	2001,2014	1,852
					24	プノンペン	2012			
25	ネパール	733								
-	アフガニスタン	565	✓		20	カーブル	2009			



図 1-38 アジア地域のパーソントリップデータと一人当たり GDP の関係

1.7 研究の目的

現在、アジア・ASEAN 地域は急激な経済成長に伴い、多くの都市開発・交通開発が計画されており、各国の政策担当者からは日本で培われた経験と技術への期待が高まっております。また、日本において実用的な LUTI モデルとして実績を有する CUE モデルも同様である。また、日本の都市・交通計画の経験をアジア・ASEAN 地域への適用する事は、日本が有する鉄道システムなどの高度な技術の輸出促進にも繋がる可能性を有する。

そこで、本研究では CUE モデルをアジア・ASEAN 地域へ適用する為の方向性を定める事を目的とし、検討の過程において、従来から CUE モデルが抱える理論的な課題を含めた上で検証を行う。具体的には、①不足する基礎データへの対処、②立地選択行動の推定精度向上、③社会経済属性毎に異なる選好の差異への対処(所謂、家計の異質性)、の三点について実証評価を通じた検証を行う事により、CUE モデルをアジア・ASEAN 地域へ適用する為の方向性を提示する。

上述の目的は、実用化モデルとして位置づけられる CUE モデルの適用範囲拡大と信頼性向上に大きく貢献できるものと考えている。

1.8 本論文の構成

本論文は、序論・結論を含む全7章で構成される。序論では、本研究で主題となる CUE モデルについて、発展経緯・基本構造・適用事例を紹介すると共に、現時点で抱える課題について記す。また、アジア・ASEAN 地域の急激な経済発展を背景として、CUE モデルの適用可能性について整理を行い、本研究の目的を示す。

第二章では、アジア・ASEAN 地域への CUE モデルの適用事例として、台湾／桃園市が掲げる TOD を基礎とした都市開発に CUE モデルを適用する。本検討では、アジア・ASEAN 地域に CUE モデルを適用する上で懸念となる「データの整備不足」という課題に対して、衛星画像を用いた土地利用データの推定補完手法を提案し、台湾／桃園市で計画されている都市・交通開発に適用した場合について評価を行う。また、桃園市交通局の政策意思決定者との協議を踏まえた、CUE モデルへの改善事項についても示す。

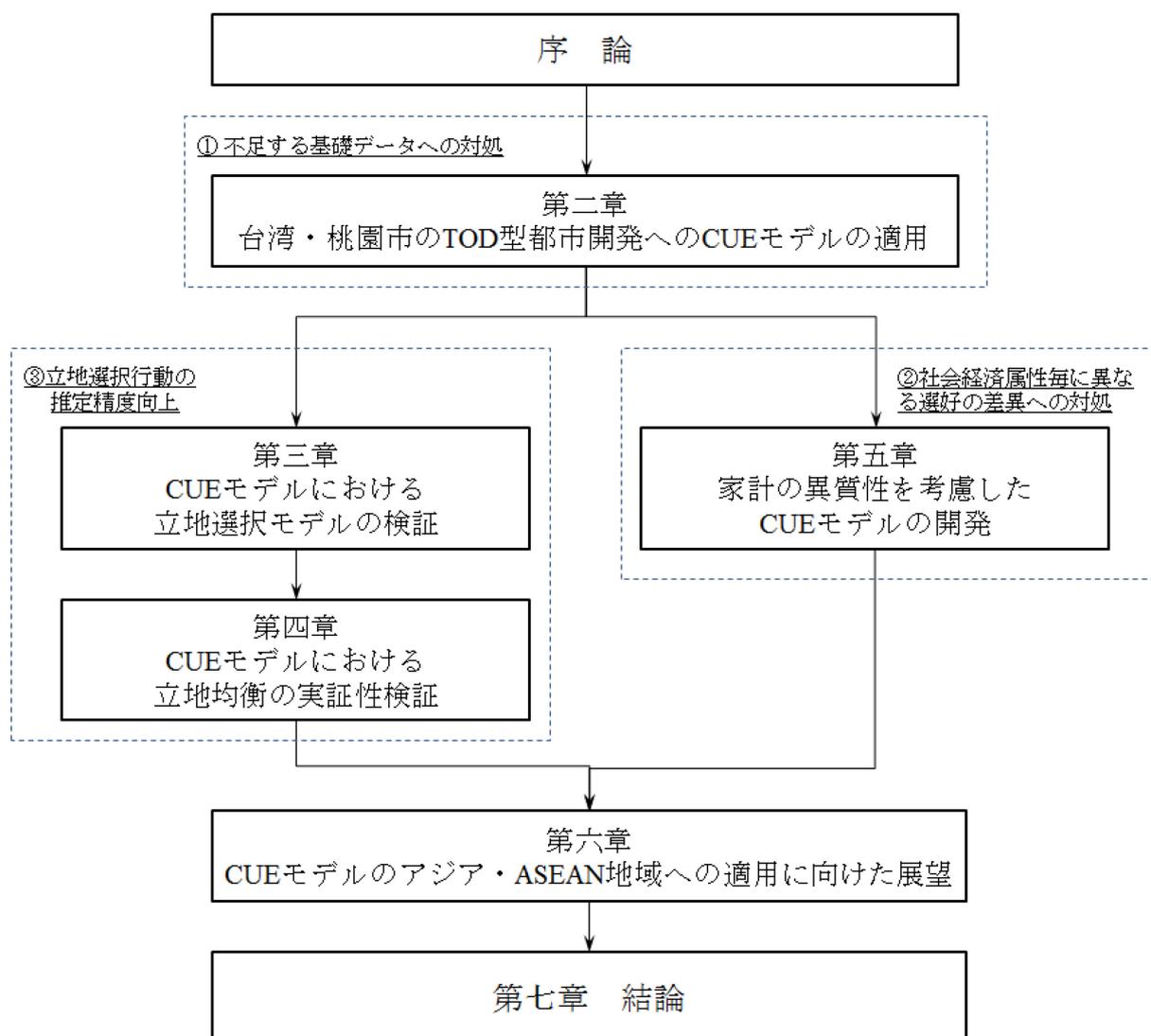


図 1-39 本論文の構成

第三章と第四章では、CUEモデルの「立地選択行動の推定精度向上」という課題に対して、神戸市及び兵庫県南部地域を対象とした実証検証を行う。具体的には第三章では、神戸市の発展経緯をCUEモデルにより事後評価を行うことにより、立地選択行動の推定に大きく影響する因子について明らかにする。第四章では、第三章の結果を踏まえ、立地選択モデルの効用関数の支出配分パラメータの推定方法の妥当性評価、および立地選択行動を推定するロジットモデルを構成し、キャリブレーションにより定められる調整項の構成因子分析を通じて、立地選択行動の推定精度を向上につなげる、間接効用関数の構成について見解を示す。

第五章では、アジア・ASEAN地域にCUEモデルを適用する際に課題となる「社会経済属性毎に異なる選好の差異」を家計の異質性と捉え、家計の異質性を考慮したCUEモデルの構築を試みる。具体的には、比較的データが整備されている兵庫県南部地域を対象としたWebアンケートを通じて、年齢や所得による立地選択行動の選好強度の差異を時間価値に変換すると共に、当該時間価値を考慮したCUEモデルを構築する事により、家計の異質性を考慮する事による効果について示す。

第六章では、第二章から第五章までの検証結果を踏まえた上で、アジア・ASEAN地域にCUEモデルを適用する為の方向性について提示を行う。

参考文献

- 1) 国土交通省 道路局 都市・地域整備局：費用便益分析マニュアル，平成 20 年 11 月
- 2) 上田孝行：Excel で学ぶ地域・都市経済分析，コロナ社，2010 年
- 3) 小池淳司：応用都市経済モデル（土地利用・交通モデル）の理論展開と実用化，日本都市計画学会，都市計画：City planning review, 66(2), pp38-pp41, 2017
- 4) Lowry, I.S. : A Model of Metropolis, RM-4035-RC, the Rand Corporation, Santa Monica CA, 1964
- 5) 堤盛人，山崎清，小池淳司，瀬谷創：応用都市経済モデルの課題と展望，土木学会論文集 D3, Vol.68, No.4, pp344-357, 2012
- 6) Anas, A : Residential Location Markets and urban Transportation, Academic Press, 1982
- 7) 上田孝行：交通改善による生活機会の増大が人口移動に及ぼす駅用のモデル分析，土木計画学・論文集 No9, pp237-244, 1991.
- 8) 上田孝行：拡張された立地余剰を用いた一般均衡モデル，土木計画学研究・論文集 No10, pp183-190, 1992.
- 9) 武藤慎一，上田孝行，高木郎義，富田貴弘：応用都市経済モデルによる立地変化を考慮した便益評価に関する研究，土木計画学研究・論文集，Vol17, pp257-266, 2000.
- 10) 武藤慎一，秋山孝正，高木郎義：空間的構造変化を考慮した都市環状道路整備の便益評価，交通学研究，2000 年研究年報，pp205-214, 2000.
- 11) （財）岐阜総合研究所：岐阜環状道路整備効果検討業務委託報告書，2001.
- 12) 鈴木俊之，武藤慎一，小川圭一：都市の郊外化抑止と中心市街地活性化のための土地開発規制政策評価，土木計画学研究・論文集，Vol19, No2, pp195-202, 2002
- 13) 山崎清，武藤慎一：開発・誘発交通を考慮した道路整備効果の分析，運輸政策研究，vol11, No2, pp14-25, 2008
- 14) 山崎清，上田孝行，岩上一騎：開発人口・及び誘発・開発交通を考慮した東京湾アクアラインの料金値下げ効果の計測，高速道路と自動車，第 51 巻，第 6 号，pp20-32, 2008
- 15) PwC（プライスウォーターハウスクーパース株）：ASEAN Economic Dashboard – アセアン経済を俯瞰する-，2015
- 16) 内閣府：2030 年のアジア -アジア経済の長期展望と自律的発展のための課題-，2010
- 17) 株式会社みずほフィナンシャルグループ リサーチ&コンサルティングユニット：MIZUHO Research & Analysis No.12 特集 成長市場 ASEAN をいかに攻略する

- か「多様性と変化をもたらす事業機会を探る」, 2017
- 18) 藤田安男, 柳下修一: 東アジアにおける都市化とインフラ整備, 開発金融研究所報, pp69-93, 2005
 - 19) 野尻亘: アジア都市の特色と都市問題～欧米都市の都市化と比較して～, 桃山学院大学人間科学 No.35
 - 20) 独立行政法人 国際協力機構, (株)アルメック: 都市交通計画策定にかかるプロジェクト研究 ファイナルレポート・本編, 2011
 - 21) 経済産業省, 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(株): アジア諸都市に係るサステナビリティ指標に関する調査作業, 2016
 - 22) 国土交通省 国土計画局: 平成 18 年度国土政策セミナー 「東アジアにおける大都市地域の育成と地域間の均衡ある発展に向けて」, 2007
 - 23) 花岡伸也, アチャリエ・スルヤ・ラージ: 東アジアの大都市における交通施策の特徴と課題, 運輸と経済, 第 68 巻 第 11 号, pp14-20, 2011
 - 24) 国土交通省: 総合的な都市交通政策の提案, 2003
 - 25) 財団法人自治体国際化協会 (シンガポール事務所): シンガポールの政策 (2011 年改訂版), 2011
 - 26) JETRO: ハノイ中心部へのバイク乗り入れ禁止 (Web 記事: <https://www.jetro.go.jp/biznews/2017/10/0e38c8e9749f0c40.html>), 2017
 - 27) 谷口守: コンパクトシティと TOD をめぐる計画論, 日本都市計画学会, 都市計画 58(5), pp5-pp8, 2009
 - 28) Nakamura, K., GU, F., Wasuntarasook, V., Vishiansan, V., Hayashi, Y.: Failure of Transit-Oriented Development from a Perspective of Quality of Life in Bangkok, Asian Transport Studies, Volume 4, Issue 1, pp194-pp209, 2016
 - 29) Nakamura, K., Fujita, M., Kato, H., Hayashi Y.: EVALUATION FOR QUALITY IMPROVEMENT OF TRANSPORT SYSTEMS FOR ASIAN DEVELOPING MEGACITIES – A CASE STUDY OF BANGKOK -, J. JSCE, Ser. D3(Infrastructure Planning and Management), Vol. 70, No.5, Special Issue, pp453-pp462, 2014
 - 30) Nakamura, K., GU, F., Wasuntarasook V., Vishiansan, V., Kii, M., Hayashi, Y., Evaluation for Low-carbon Land-use Transport Development with QOL Indexes in Asian Developing Megacities: a Case Study of Bangkok, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 11, pp1047-pp1063, 2015
 - 31) Waldeck, L., Heerden, Q.: INTEGRATED LAND-USE AND

TRANSPORTATION MODELLING IN DEVELOPING COUNTRIES : USING OPENTRIPLANNER TO DETERMINE LOWEST-COST COMMUTE TRIPS, Transportation, Land use and Integration: Perspective for Developing Countries, pp49-pp68, 2015

- 32) 土井正幸, 坂下昇 : 「交通経済学」, 東洋経済新報社, 2002
- 33) 宮城俊彦・小川俊幸 : 共益理論を基礎とした交通配分モデルについて, 土木計画学研究・講演集, No7, pp301-308, 1985
- 34) 山口勝弘, 掛江浩一郎, 河田守弘, 栗田まさ子, 助川康, 小池剛史, 太田隆史 : 経済成長と交通環境負荷に関する研究 I, 国土交通政策研究第 42 号, 2005
- 35) 堤盛人, 宮城卓也, 山崎清 : 建物市場を考慮した応用都市経済モデルの可能性, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.68, No.4, pp333-pp343, 2012
- 36) 太田勝敏 : 発展途上国の都市交通政策への一視点, IATSS Review, Vol12, No.1, pp19-pp27, 1986
- 37) 中村明, 兵頭哲郎, 山村直史, 紺屋健一 : JICA 都市交通開発調査データベースの紹介-世界 11 都市のパーソントリップデータ-, 「交通工学」2004 年増刊号, 2004
- 38) 兵頭哲郎 : アジアを中心とする都市交通特性と交通問題の諸相, 「運輸と経済」2008 年 11 月号, 2008
- 39) JICA, (株)アルメック : 都市交通計画策定にかかるプロジェクト研究-ファイナルレポート-, 2011
- 40) (株)価値総合研究所 JICA STRADA 紹介 HP, <https://www.vmi.co.jp/strada/>

第2章 台湾・桃園市のTOD型都市開発へのCUEモデルの適用

2.1 緒言

アジア・ASEANの各国は、近年の目覚ましい経済発展を背景に、各国の主要都市では様々な都市開発と交通開発が行われ、これら社会基盤の整備に応じて経済水準が一定の段階まで成長すると、モータリゼーションにより自動車やバイクを中心とした道路移動手段が爆発的に普及する。これにより、激しい交通渋滞や交通セクターからのCO₂排出量の増加が起こり、現在では社会的な課題として顕在化している。この様な課題を回避する為に、アジア・ASEANの各国ではCO₂排出量や交通渋滞を抑制しながら経済成長を実現する、Transit Oriented Development (TOD) 型都市開発に立脚した都市・交通開発の計画が増加しつつある¹⁾。

TOD型都市開発とは、公共交通の駅を中心とした都市開発を推進する事により、公共交通指向型の街づくりを行うものであり、日本においては阪急電鉄や東急電鉄田園都市線に代表される民間鉄道会社を中心に広く採用されてきた実績を持つ。これらTOD型都市開発を効率的に進める為には、都市の交通開発と土地利用開発の一体的な計画を行う事が必要であり、日本ではLUTIモデルの一つであるCUEモデルを適用した事例がみられる²⁾³⁾⁴⁾。一方、CUEモデルをアジア・ASEANの各国のTOD型都市開発に適用する場合、評価に必要な「町丁目レベル」のSmall Zoneに対応した土地利用データが十分に整備されていない事から⁵⁾、土地利用モデルを「県・市レベル」のLarge Zoneで構築する事になる。この場合、TOD型都市開発の評価に必要な公共交通の駅を中心とした交通行動や立地選択行動が大きなゾーン内に集約されてしまい、TOD型都市開発の整備による社会的効果・便益を精緻に分析する事ができない状況であった。

そこで、上述の課題を解決する手段として、Google Earthに代表される衛星画像の分析を通じて、土地利用の区分を詳細に分類し土地利用データを推定する事により、Small Zoneに対応した土地利用データを構築する手法の開発を行った。これにより、TOD型都市開発の評価に求められるスケールに合致した詳細区分のCUEモデルの構築を実現し、アジア・ASEANの各国におけるTOD型都市開発の評価が可能となる。本章では、TOD型都市開発を基軸とした都市・交通開発計画を有する、台湾・桃園市を対象として評価を実施した結果について記す。

2.2 台湾・桃園市におけるTOD型都市開発の概要

2.2.1 台湾・桃園市

桃園市は、台北市の西側約25kmに位置し、2014年12月25日に直轄市へと昇格している。桃園市は台湾最大の国際空港である桃園国際空港を有する為、台湾の輸出・入における玄関口として栄え、市内には物流拠点の他に工業地帯も有している。その為、経済発展・輸出入の増加に伴い、将来的な都市の成長が期待されており、2018年時点の居住人口は約210万人を誇り、台湾の中でも5番目の人口規模を有する都市である。また、台湾における経済の中心である、台北市・新北市にも隣接している事から、桃園市内の経済活動の他に、台北市のベッドタウンとしての機能を有している。



図 2-1 桃園市のロケーション（出展：Google Map）

2.2.2 桃園航空城計画⁶⁾

桃園市政府は、国家プロジェクトである桃園航空城開発計画（2041年完成予定）を基軸とし、桃園市内に公共交通の開発を計画している。これらはTOD型都市開発を志向している事が、桃園市政府より表明されており、交通開発と都市開発の一体的な推進が求められている。

桃園航空城計画は、桃園市がアジア太平洋地区に立地するという有利な地理条件、及び空と海の両港を中心とした貿易エリアという優位条件を活用し、国際的なゲートウェイとして開発を行う国家プロジェクトである。その開発目標は、①桃園空港の東アジアのハブ空港への発展、②TOD型都市開発の推進、③産業クラスターの発展と促進、④サステイナブル&スマート航空都市の実現、⑤空海両港の総合的発展の促進と

している。

桃園航空城とは、桃園空港周辺のエリアに新たに開発される都市であり、その開発面積は4,177haに上る（桃園空港の敷地含む）。特徴としては、エリア内の特色や交通条件に応じて、発展エリアを大きく5つに分けて開発を行う計画としている事であり、2041年の完成を目指すプロジェクトである。このように、桃園市は桃園航空城の開発を通じて、桃園市内の産業活性化とグローバル化促進の実現を目指しており、本計画による経済効果は30万人の雇用機会創出と2.3兆台湾元の経済効果と試算される。

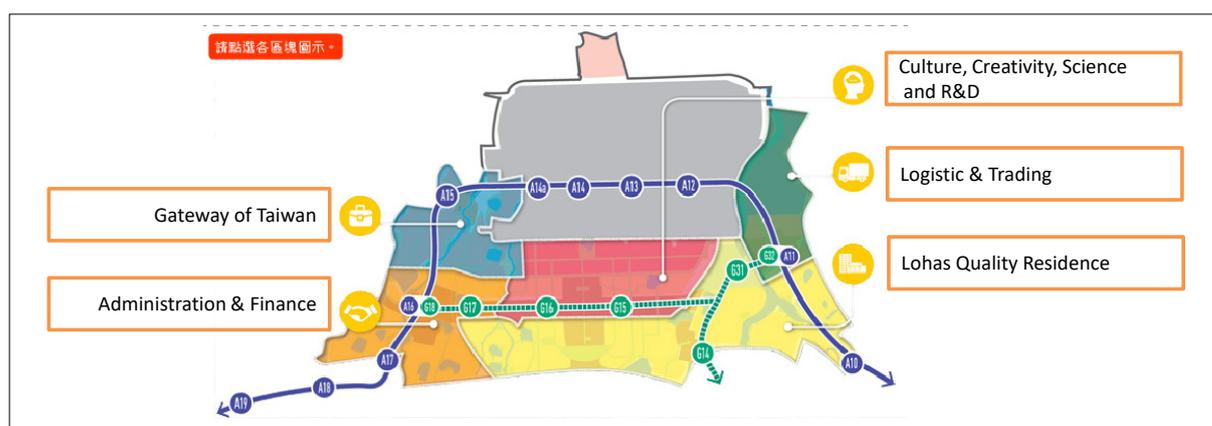


図 2-2 桃園航空城計画のコンセプト：主要な5つの開発地域⁶⁾

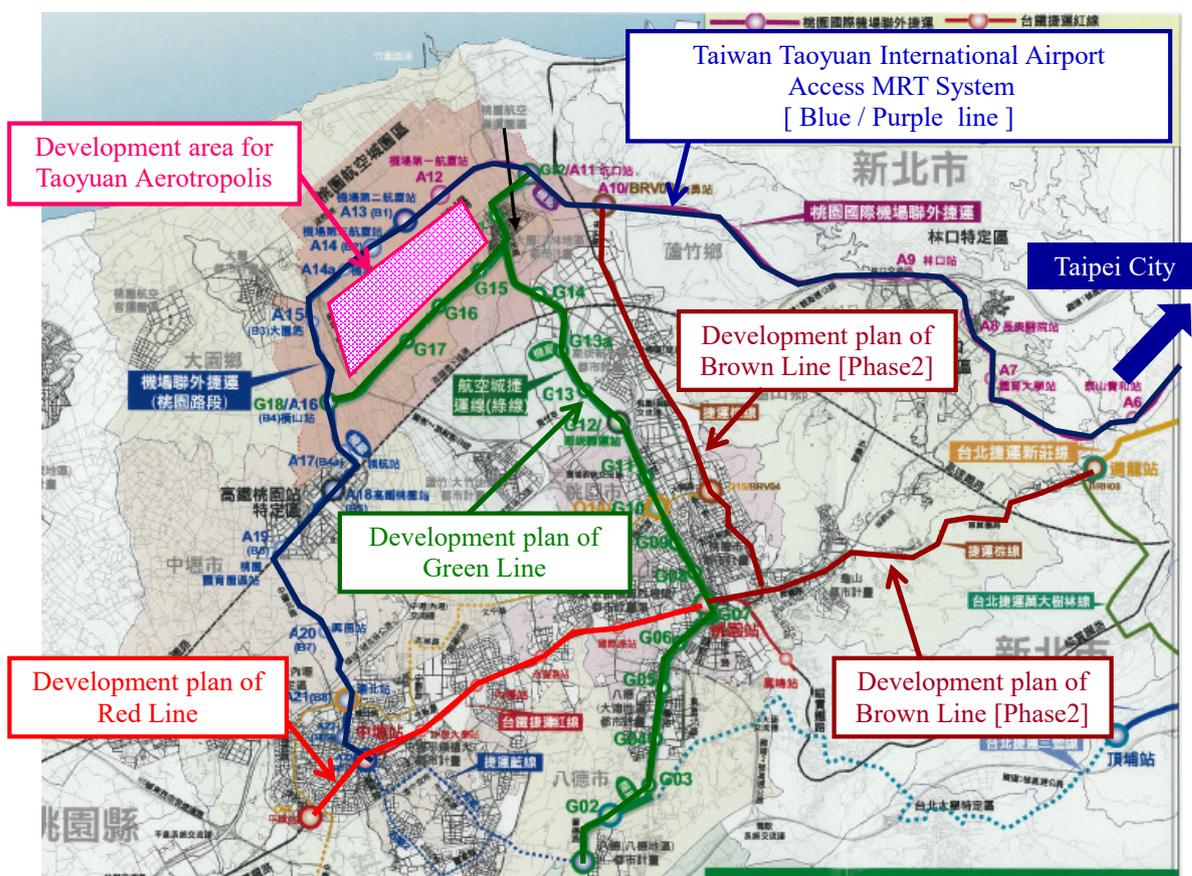
2.2.3 桃園市内の軌道系公共交通

桃園市はこれまでに、桃園市と新北市を結ぶローカル鉄道と、2007年に開業した台湾高速鉄道の停車駅を有していたものの、居住者の移動は自家用車・バイク、及び公共バスが主体であった。その様な中、桃園市政府は桃園航空城計画を基軸とした都市計画に合わせ、複数の交通開発計画を進めている（表2-1、図2-3）。この中で、Taiwan Taoyuan International Airport Access MRTは台北市と桃園空港を約35分で結ぶ路線であり、2017年2月に営業運転が開始されている。

一方、Green Lineは桃園市市街地と桃園空港を結ぶ路線である。桃園航空城計画ではTaiwan Taoyuan International Airport Access MRTとGreen Lineの運行を連動させる事により、両鉄道の主要駅を中心としたTOD型都市開発を進める計画であり、これにより道路交通中心の移動形態から公共交通中心の都市形成への転換を目指している。将来的にはBrown Line等の桃園市内の軌道系公共交通に展開していく予定であり、公共交通を中心とした都市形成をより一層推し進める計画としている。

表2-1 桃園市における軌道系公共交通の開発計画

名称	路線長	駅数	開業予定	建設状況
Taiwan Taoyuan International Airport Access MRT	53.7km	24	2017年	開業
Red Line	17.2 km	7	2018年以降	建設中
Green Line	27.8km	22	2021年以降	計画中
Brown Line Phase1	11.5km	8	2023年以降	計画中
Brown Line Phase2	12.0km	8	2023年以降	計画中



Source : Transportation Bureau of Taoyuan Government 101.11version

図 2-3 桃園市における軌道系公共交通の開発プロジェクト

2.3 CUEモデルを適用する為のデータセット

本節では、桃園市が進めるTOD型都市開発である桃園航空城計画において、軌道系公共交通を導入した際の効果をCUEモデルにより評価するにあたり必要となる、データセットに関する方向性を記す。

2.3.1 ゾーン区分の設定

桃園市を基点とした居住者の主要な行動パターンは、桃園市内の通勤行動・私事行動だけではなく、桃園市から台北市や新北市への通勤行動や私事行動が含まれると考えられ、桃園市が計画する都市開発及び交通開発の効果は、周辺都市にも様々な影響を与えると推定される。そこで、本分析での評価対象エリアは台湾北部エリア（桃園市、台北市、新北市、基隆市）とする。一方、台湾北部エリアと台湾北部エリア以外の地域との移動トリップは考慮しない事とした。また、桃園空港から流入する他地域からの来訪者は、都市内の交通・移動量に大きな影響を与える事から、本研究では検討対象として考慮する事とする。

次に、検討対象エリアのゾーン区分の方針について記す。CUEモデルを用いてTOD型都市開発の効果を経緻に評価する為には、一つのゾーンの中に、軌道系公共交通の駅が一つだけ存在する様にゾーンを区分する必要がある。これは、駅を中心としたコンパクトな都市形成を試みるTOD型都市開発にとって、駅単位の交通行動・需要の変化と立地選択行動の変化を確認する事が必要となるからである。以上の事から、本分析では2021年にグリーンラインが導入される桃園市内に関しては、ゾーンを細かく設定した。ゾーン分割の手順は、以下のとおりである。

- 1) 台湾北部エリア全体（桃園市、台北市、新北市、基隆市）を、「県・市レベル」で55ゾーンに分割。
- 2) 軌道系公共交通の交通開発が計画されている桃園市内の7つの行政区（桃園市大園郷、中歴区、桃園区、八徳区、蘆竹郷、龜山郷、新北市新莊区）については、「村・郷レベル」に細分化。尚、エリアの分割は、桃園市から公開されているポリゴンデータを使用している。
- 3) 細分化されたゾーンのうち、1つのゾーンの中に2つ以上の軌道系公共交通の駅が存在する場合は、ゾーンを面積等分で分割する事により、1ゾーン1駅とする。

図2-4に評価対象エリアのゾーン区分を示す。最終的なゾーン数は301ゾーンである。

2.3.2.2 衛星画像を用いた土地利用データの推定手法の適用

本研究において新たに試みる、衛星写真を用いた土地利用面積の推定手法は以下の手順で実施する。

- 1) **Small Zone**の対象エリア（桃園市内の7つの行政区分）を**250m**メッシュで分割し、**10,374**個のメッシュを作成する。対象エリアの分割手法は、メッシュ方式とポリゴン方式が考えられる。ポリゴン方式では、衛星画像等を用いて土地利用分類を識別し、手動にてポリゴン図形を作成する必要がある。しかしながら、土地利用区分の判別が明確ではなく、かつ手作業である事から土地利用分類の同定精度にばらつきが生じる可能性がある。従い、本検討では、メッシュ方式を採用した。尚、メッシュの解像度を**250m**とした理由は、本評価で扱う**Small Zone**よりもメッシュサイズが十分に小さく、高い推定精度を確保することが可能であると判断した為である。
- 2) 次に、**Google Earth**の衛星画像を用い、各メッシュ内に占有する土地利用分類を4種類に分類する。表2-3は本研究で設定した土地利用分類を、図2-5は土地利用分類の判別フローチャートを示す。土地利用分類の判別は、衛星画像内の色と建物形状から各メッシュの土地の利用区分を識別する。第一に、各メッシュの衛星画像から、“建物が占有する面積が**50%以下**”の場合は「緑地：**Green Space**」と判別し、“建物が占有する面積が**50%以上**”の場合は「都市部：**Urban Space**」であると判別する。続いて、「都市部：**Urban Area**」と判定されたメッシュについて、鉄道線路や道路などの“交通インフラの面積が**50%以上**”の場合は「交通インフラ：**Land for Transportation Area**」と判別する。最後に、“交通インフラの面積が**50%以下**”の場合について、“工場やオフィスの面積が**50%以上**”であれば“非居住地エリア（所謂、ビジネスエリア）：**Land for Non-residence**”，**50%以下**の場合は“居住地エリア：**Land for Residence**”として土地利用区分を判別する。
- 3) 図2-6に、本研究の対象エリアである**10,374**個のメッシュの土地利用分類を推定した結果を示す。本推定結果を、**Small Zone**単位で集計する事により、各**Small Zone**における各土地利用区分の占有面積比率を算出する。
- 4) **Small Zone**の土地利用データは、**Large Zone**（県・市レベル）で公開されている土地利用面積を基に、**Small Zone**（村・郷レベル）で推定した各土地利用区分の占有面積比率を乗じる事により導出する。表2-4に各小区域の土地利用データの具体的な算定方法を示す。尚、本研究では、床面積の正確な取得が困難である為、戸建て住宅とマンションの様な建物のタイプ別の差異を考慮していない。この点は今後の研究の課題として改善する必要がある。

表2-3 土地利用区分の分類

土地利用カテゴリー		内容
緑地 : Green Space, Unused Land		緑地, 空き地, 川など
都市部 Urban Area	居住エリア Land for Residence	居住用戸建て住宅, 居住用マンションなど
	ビジネスエリア Land for Non-residence	工場・オフィスビルなど
	交通インフラエリア Land for Transportation Infrastructure	鉄道線路, 駅, 空港, 道路など

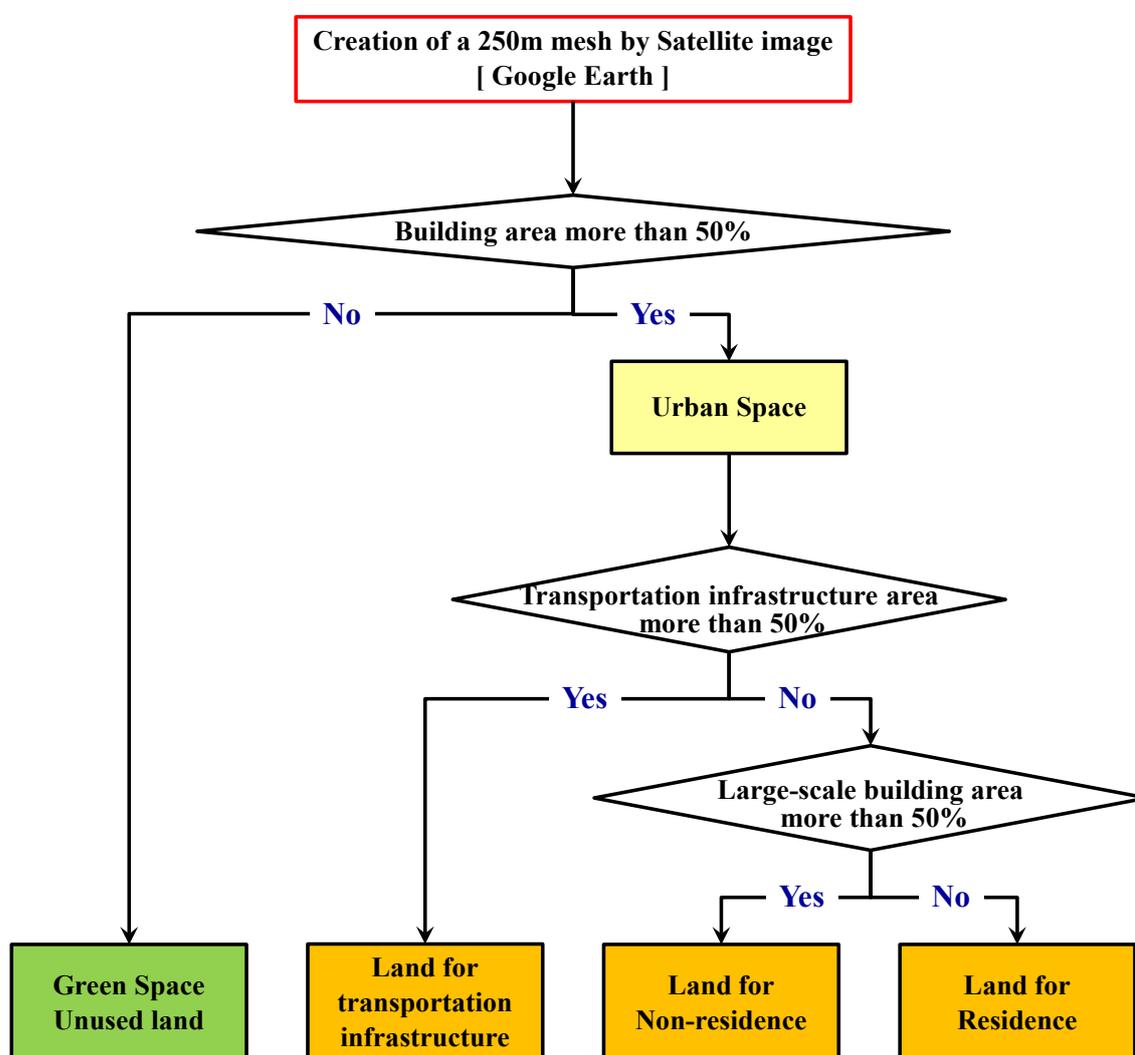


図 2-5 土地利用区分の判別フローチャート

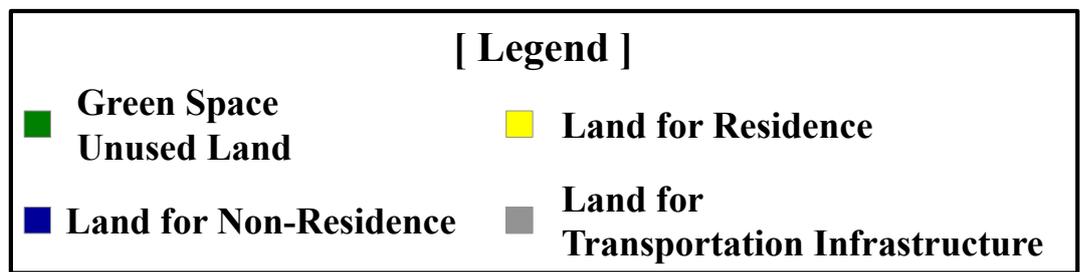
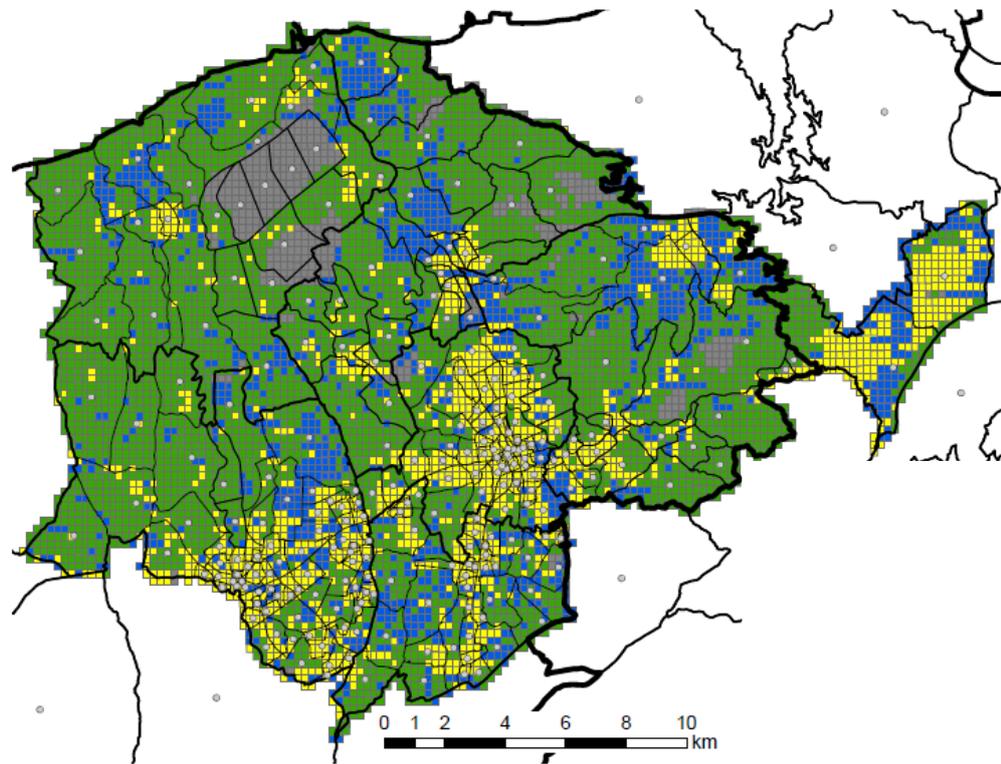


図 2-6 桃園市内の 7 つの行政区分 (Small Zone エリア) の土地利用区分判別結果

表2-4 各土地利用データの推定方法

土地利用データ	Small Zoneの土地利用データの推定方法
従業者数	Small Zoneの従業員数は式(2-1)により導出する。 $E_i^S = E_k^L \times \frac{(AR_i^S + AB_i^S)}{(AR_k^L + AB_k^L)} \quad (2-1)$ <p> <i>i</i> : Small zoneの番号 (Large Zone "k"は<i>i</i>個のsmall zoneに区分される) <i>E_i^S</i> : Small zone : <i>i</i>の従業者数 <i>E_k^L</i> : Large Zone : <i>k</i>の従業者数 <i>AR_k^L</i> : Large Zone : <i>k</i>の居住地域の土地面積 <i>AB_k^L</i> : Large Zone : <i>k</i>のビジネス地域の土地面積 <i>AR_i^S</i> : Small Zone : <i>i</i>の居住地域の土地面積 <i>AB_i^S</i> : Small Zone : <i>i</i>のビジネス地域の土地面積 </p>
地価 - 居住地域 - ビジネス地域	地価の推定は2つのステップに区分する。1 st Stepでは、Large Zoneのデータを利用して2つの回帰式を導出する。 1) 居住地域の地価と人口数の回帰式 $rH_k^L = \alpha \times ND_k^L + C \quad (2-2)$ <p> <i>rH_k^L</i> : Large Zone : <i>k</i>の居住地域の地価 <i>ND_k^L</i> : Large Zone : <i>k</i>の居住地域の人口密度, α: 係数, <i>C</i>: 切片 </p> 2) ビジネス地域の地価と従業者数の回帰式 $rB_k^L = \beta \times ED_k^L + C \quad (2-3)$ <p> <i>rB_k^L</i> : Large Zone : <i>k</i>のビジネス地域の地価 <i>ED_k^L</i> : Large Zone : <i>k</i>のビジネス地域の人口密度, α: 係数, <i>C</i>: 切片 </p> 2 nd Stepでは、上述の回帰式に各Small Zoneの人口密度と従業員密度を代入することにより、各Small Zoneの地価を算出する。
土地面積 - 居住地域 - ビジネス地域	Small Zoneの土地面積は、Large Zone : "k"とSmall Zone : "i"の土地面積比率より推定する。 1) 居住地域の土地面積 $AR_i^S = AR_k^L \times \frac{ARA_i^S}{\sum_i ARA_i^S} \quad (2-4)$ <p> <i>i</i> : Small zoneの番号 (Large Zone "k"は<i>i</i>個のsmall zoneに区分される) <i>AR_i^S</i> : Small Zone : <i>i</i>の居住地域の土地面積 <i>AR_k^L</i> : Large Zone : <i>k</i>の居住地域の土地面積 <i>ARA_i^S</i>: 衛星画像により決定されるSmall Zone : <i>i</i>の居住地域の土地面積の合計値 </p> 2) ビジネス地域の土地面積 $AB_i^S = AB_k^L \times \frac{ABA_i^S}{\sum_i ABA_i^S} \quad (2-5)$ <p> <i>AB_i^S</i> : Small Zone : <i>i</i>のビジネス地域の土地面積 <i>AB_k^L</i> : Large Zone : <i>k</i>のビジネス地域の土地面積 <i>ABA_i^S</i>:衛星画像により決定されるSmall Zone : <i>i</i>のビジネス地域の土地面積合計値 </p>

土地利用可能面積 - 居住地域	Small Zone の土地利用可能面積は、Small Zone と Large Zone の面積比率と Small Zone の居住地域の土地利用可能面積より推定する。 1) 居住地域の土地利用可能面積 $Y_i^{HO} = Y_k^{HO} \times \frac{A_i}{A_k} \quad (2-6)$ i : Small zoneの番号 (Large Zone "k"はi個のsmall zoneに区分される) Y_i^{HO} : Small Zone : iの居住地域の土地利用可能面積 Y_k^{HO} : Large Zone : kの居住地域の土地利用可能面積 A_i : Small Zone : iのゾーン面積, A_k : Large Zone : kのゾーン面積
土地利用可能面積 - ビジネス地域	2) ビジネス地域の土地利用可能面積 $Y_i^{BO} = Y_k^{BO} \times \frac{A_i}{A_k} \quad (2-7)$ Y_i^{BO} : Small Zone : iのビジネス地域の土地利用可能面積 Y_k^{BO} : Large Zone : kのビジネス地域の土地利用可能面積 A_i : Small Zone : iのゾーン面積, A_k : Large Zone : kのゾーン面積
GRP	Small ZoneのGRPはSmall Zoneの従業者数とLarge ZoneのGRPを用いて算出する。 $GRP_i^S = GRP_k^L \times \frac{E_i^S}{\sum_i E_i^S} \quad (2-8)$ i : Small zoneの番号 (Large Zone "k"はi個のsmall zoneに区分される) GRP_i^S : Small zone : iの GRP, GRP_k^L : Large Zone : kの GRP E_i^S : Small zone : iの従業者数

2.3.2.3 土地利用データのデータセットの推定結果

図2-7と図2-8に人口密度と従業員密度のデータセット例を示す。図2-7のSmall Zoneの人口密度は桃園市政府のwebサイトから公開されているデータを用いて設定する事が可能であるが、本節においては、図2-8で示す今回提案した手法を用いて推定したSmall Zoneの従業者密度比較を行うために示している。結果、従来であれば、基礎データが整備されているLarge Zone単位（市・県レベル）の土地利用データ（従業員密度など）の設定に留まっていたが、衛星画像を用いた新たな土地利用面積推定手法の適用により、基礎データより詳細なSmall Zone（村・郷レベル）の土地利用データの設定が可能となる。尚、推定手法の精度については、比較対象となる各Small Zoneの実際の土地利用データが桃園市政府において整備されていない為、現時点では検証を行う事ができないが、本手法の位置付けと推定結果については、桃園市政府の意思決定者との協議を通じて理解に達しており、将来的に比較対象の土地利用データが整備された時点で、推定結果の精度について議論を行う予定としている。

以上の通り、今回提案した土地利用データの推定アプローチを用いることにより、

今まで整備がされていなかったSmall Zoneの土地利用データを構築することが可能となる。今回考案した手法は、アジア・ASEANにおいて、土地利用データの整備が遅れている各国に対して、TOD型都市開発の評価を行う上で広く適用が可能であると考えられる。将来的には、土地利用区分を自動判別できるアルゴリズムの開発による効率化や様々な都市への適用による実績の蓄積を進める事が求められる。

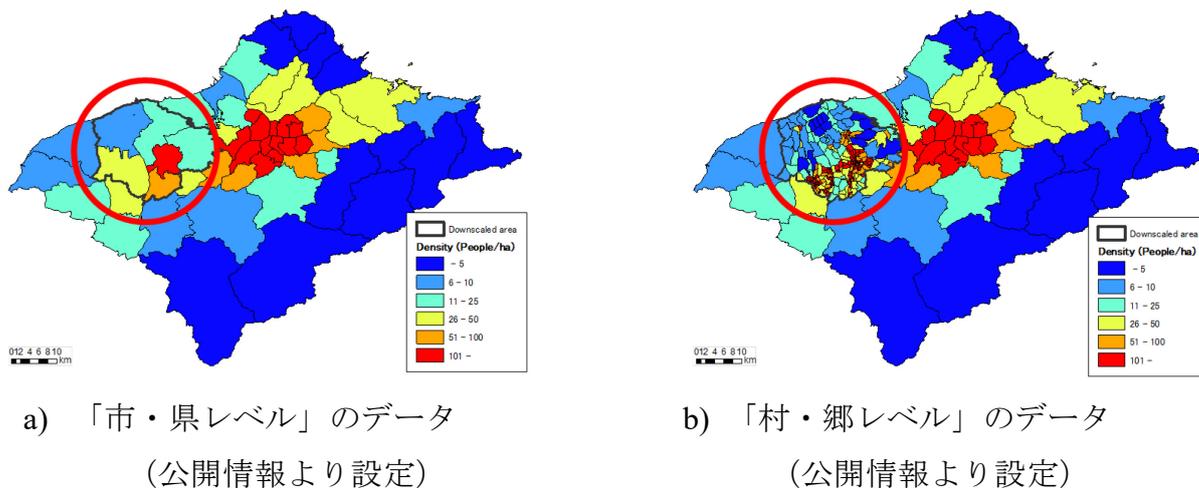


図2-7 土地利用データの設定例：人口密度

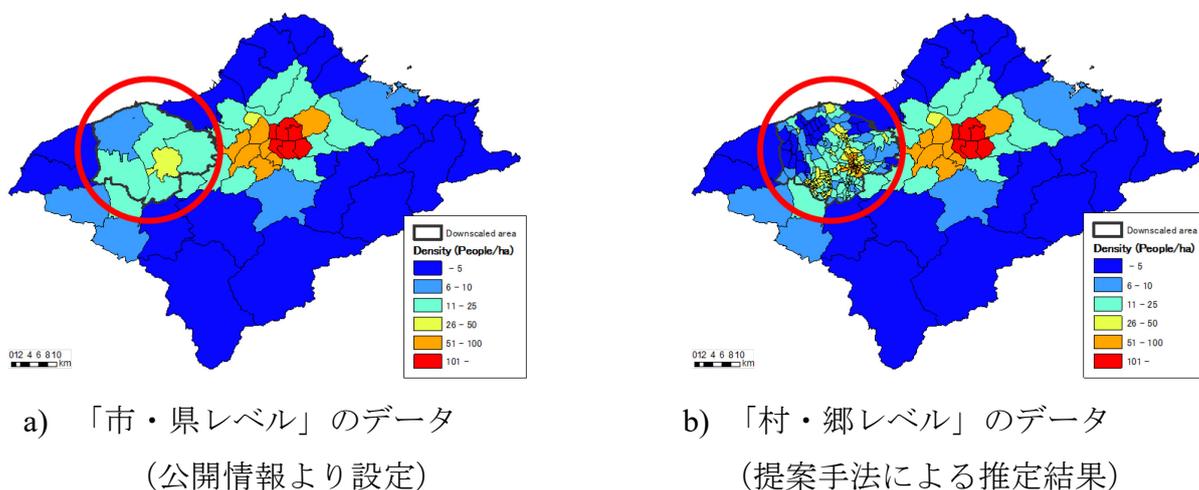


図2-8 土地利用データの設定例：従業員数密度

2.3.3 交通データの推定

2.3.3.1 交通ネットワークデータ

表2-5に本検討において構築対象となる鉄道と道路のネットワークデータを示す。本検討では、2009年を現在（基点）とし、Green Lineの開通が予定される2021年を将来時点としてネットワークの構築を実施した。図2-9は2021年時点の交通ネットワークデータを記す。尚、道路ネットワークデータは、209年時点の道路ネットワークデータを基に、桃園市から提供された2021年時点の道路整備計画を反映している。

表2-5 交通ネットワークモデルのリスト

分類	ネットワークモデル		2009	2021
鉄道	現在時点【基点】	METRO [Taipei Subway]	✓	✓
		TRA Local Line: Taoyuan to Taipei]	✓	✓
		Taiwan High Speed Rail	✓	✓
	将来時点	Purple/Blue Line		✓
		Red Line		✓
		Green Line		✓
道路	現在時点【基点】		✓	✓
	将来時点			✓

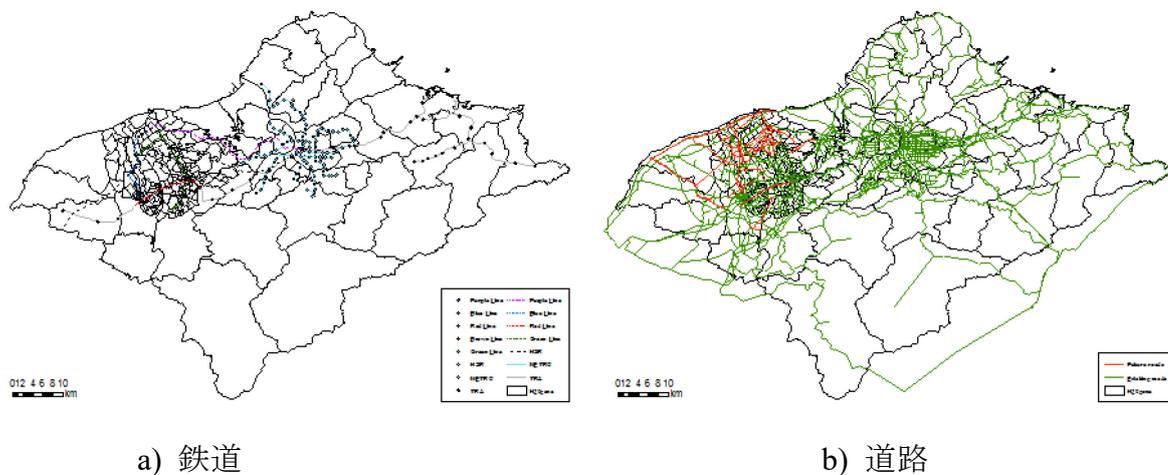


図2-9 交通ネットワークデータ【2021年時点】

2.3.3.2 交通モードの設定

表2-6は行動目的と交通モードの一覧を示す。旅客トリップは日常トリップと非日常トリップから構成され、非日常トリップは桃園空港からの旅行などを目的とした訪問者である。交通モードは、4種類の交通手段を設定し、本検討では旅客トリップ以外の交通モードとして、貨物交通を考慮している。

本分析では、日常トリップのODは内生変数として、非日常トリップと貨物トリップのODは外生変数として取り扱う。

表2-6 行動目的と交通モードの一覧

行動目的		交通モード
旅客	日常トリップ	通勤・通学トリップ 私事トリップ ビジネストリップ
	非日常トリップ	桃園空港からの旅行トリップ
貨物交通		トラック

2.3.3.3 OD データの設定

表2-7にODデータの出典を記す。鉄道・車・バイクのODデータは、台湾政府が発行しているデータを引用している。また、貨物のODデータについても、公開情報を基に設定を行っている。一方、バスのODデータについては、台湾政府より公式に公開されている情報がない為、本分析では台湾北部の各目的地の旅行トリップを基に推定を行った。バストリップの詳細の推定方法は表2-8に示すとおりである。

表2-7 ODデータの出典

交通モード	ODデータ出典
鉄道・車・バイク	“Traffic Census for Metropolis / Preference” Quotation from previous paper by Chen, Tsutsumi, Yamasaki, Iwakami (2013)
バス	ODデータを推定：表2-8による。
貨物交通	“Survey report on motor vehicle freight traffic Taiwan area R.O.C” Quotation of previous paper by Chen, Tsutsumi, Yamasaki, Iwakami (2013)

表 2-8 バスの OD データの推定方法

STEP 1 台北でのバスの発生トリップ	<p>移動目的ごとの発生トリップは台北市政府から開示されている各移動目的のトリップ数と交通モードごとの比率を用いて推定する。</p> $T_b^{WS} = P_b^W \cdot T^W + P_b^S \cdot T^S, T_b^H = P_b^H \cdot T^H, T_b^B = P_b^B \cdot T^B \quad (2-9)$ <p>m: 移動目的 $m \in (WS: commuting, H: private, B: business)$ T_b^m: 台北市内の移動目的毎の発生トリップ数 P_b^m: 台北市での移動目的毎のバスの比率 T_b^m: 台北市内の移動目的毎のバスの発生トリップ数</p>
STEP 2 台北でのバスの一人当たりの発生トリップ	<p>移動目的ごとの一人あたりの発生トリップは以下の式により算出する。</p> $GB^{WS} = \frac{T_b^{WS}}{\sum_i N_i} \quad GB^H = \frac{T_b^H}{\sum_i N_i} \quad GB^B = \frac{T_b^B}{\sum_i N_i} \quad (2-10)$ <p>m: 移動目的 $m \in (WS: commuting, H: private, B: business)$ T_b^m: 台北市内の移動目的毎のバスの発生トリップ数 N_i: ゾーン i の人口数, E_i: ゾーン i の従業者数 GB^m: 台北市内の移動目的毎の一人当たりのバスの発生トリップ</p>

<p>STEP 3 各ゾーンのバスの発生トリップ</p>	<p>ゾーン毎のバスの発生トリップ数は以下の式により算出する.</p> $GB_i^{WS} = GB^{WS} \cdot N_i \quad GB_i^H = GB^H \cdot N_i \quad GB_i^B = GB^B \cdot N_i \quad (2-11)$ <p>m: 移動目的 $m \in (WS: commuting, H: private, B: business)$, i: 発地のゾーン, N_i: ゾーン i の人口数, E_i: ゾーン i の従業者数 GB^m: 台北市内の移動目的毎の一人当たりの発生トリップ GB_i^m: 台北市内のゾーン i からのバスの発生トリップ</p>
<p>STEP 4 バスの OD データの推定</p>	<p>バスの OD データはロジットモデルを用いた着地選択推定により算出する. 推定手法は以下の式を用いる.</p> $QB_{ij}^m = GB_i^m \cdot P_{ij}^m = GB_i^m \cdot \frac{\exp(V_{ij}^m)}{\sum_j \exp(V_{ij}^m)} \quad (2-12)$ $V_{ij}^m = \theta_1^m \cdot \ln S_j^m + \lambda^m \cdot ACC_{ij}^m$ $ACC_{ij}^m = \ln \sum_k \exp(V_{ijk}^m)$ $V_{ijc}^m = \theta_2^m t_{ij}^c + \beta_2^m n_{ij} + \beta_3^m u + a_c^m \quad (2-13)$ $V_{ijr}^m = \theta_2^m t_{ij}^r + \beta_2^m n_{ij} + a_r^m$ $V_{ijb}^m = \theta_2^m t_{ij}^b + \beta_2^m n_{ij} + a_b^m$ $V_{ijs}^m = \theta_2^m t_{ij}^s + \beta_1^m d_{ij} + \beta_2^m n_{ij}$ <p>m: 移動目的 $m \in (WS: commuting, H: private, B: business)$, i: 発地のゾーン, k: 交通モード $k \in (c: private car, r: railway, b: bus, s: motorcycle)$ GB_i^m: 台北市内のゾーン i からのバスの発生トリップ β_3^m: 車選好ダミーパラメータ $\beta_3^m \in (1,0)$ a_k^m: 交通モード毎の定数項 QB_{ij}^m: 各移動目的ごとの OD トリップ V_{ij}^m: 移動目的毎の ij 間の間接効用関数 V_{ijk}^m: 移動目的毎の ij 間の交通モード k における間接効用関数 t_{ij}^k: 交通モード k の ij 間における一般化コスト d_{ij}: ij 間の移動距離ダミー係数 (8km 以下 : 1, 8km 以上 : 0) n_{ij}: 事故比率, u: 車選好のダミーパラメータ (car: 1, other: 0) β_1^m: 移動距離のダミーパラメータ $\beta_1^m \in (1,0)$, β_2^m: 事故パラメータ</p>

2.4 CUEモデルの構築とシミュレーションの前提条件

本節では、本分析で用いるCUEモデルの全体構造とシミュレーションの前提条件を記す。尚、CUEモデルの基本構造は1.4.1節で記載した理論式を基としていが、桃園空港を起点とした非日常トリップを考慮している点などの若干の差異がある為、本節では簡略化した形式によりCUEモデルの全体構造を記す。

2.4.1 CUEモデルの定式化

2.4.1.1 立地選択モデル

表2-9. 家計と企業の行動モデル

1) 財の消費/財の生産 行動モデル	
家計の行動	家計は労働により得た所得により合成材・土地・交通サービスを消費し、自身の予算と時間制約を最大化する行動を行う。
	$V_i = \max_{z_i^H, a_i^H, x_i^H} [\alpha_z \ln z_i^H + \alpha_a \ln a_i^H + \alpha_x \ln x_i^H] \quad (2-14)$
	$\text{s.t. } z_i^H + r_i^H a_i^H + q_i^H z_i^H = wT - q_i^W x_i^W = I_i \quad (2-15)$
	$z_i^H = \alpha_z I_i, a_i^H = \frac{\alpha_a}{r_i^H} I_i, x_i^H = \frac{\alpha_x}{q_i^H} I_i \quad (2-16)$
	$V_i = \ln(I_i) - \alpha_z \ln(r_i^H) - \alpha_x \ln(q_i^H) + C \quad (2-17)$
	$C = \alpha_z \ln(\alpha_z) + \alpha_a \ln(\alpha_a) + \alpha_x \ln(\alpha_x) \quad (2-18)$
	<i>i</i> : ゾーン, V_i : 間接効用関数, z_i^H : 合成材の消費, a_i^H : 土地の消費 (居住地域), x_i^H : 私事トリップの消費, x_i^W : 通勤・通学トリップの消費, $\alpha_z, \alpha_a, \alpha_x$: 支出配分パラメータ, r_i^H : 地代, q_i^W : 通勤トリップコスト, q_i^H : 私事トリップコスト, w : 賃金レート, T : 総利用可能時間, I_i : 所得
企業の行動	企業は生産技術制約の下で利益を最大化する様に、土地・ビジネストリップサービスを消費しながら合成材を生産する。
	$\prod_i = \max_{a_i^B, x_i^B} [z_i^B - r_i^B a_i^B - q_i^B x_i^B] \quad (2-19)$
	$\text{s.t. } z_i^B = \eta_i (a_i^B)^{\beta_a} (x_i^B)^{\beta_b} \quad (2-20)$
	$a_i^B = \left\{ \frac{1}{\eta_i} \left(\frac{r_i^B}{\beta_a} \right)^{1-\beta_b} \left(\frac{\beta_b}{q_i^B} \right)^{-\beta_b} \right\}^{\frac{1}{\beta_a + \beta_b - 1}} \quad (2-21)$
	$x_i^B = \left\{ \frac{1}{\eta_i} \left(\frac{q_i^B}{\beta_b} \right)^{1-\beta_a} \left(\frac{\beta_a}{r_i^B} \right)^{-\beta_a} \right\}^{\frac{1}{\beta_a + \beta_b - 1}} \quad (2-22)$
	$z_i^B = (\eta_i)^{\frac{1}{1-\beta_a-\beta_b}} \left\{ \left(\frac{r_i^B}{\beta_a} \right)^{\beta_a} \left(\frac{q_i^B}{\beta_b} \right)^{\beta_b} \right\}^{\frac{1}{\beta_a + \beta_b - 1}} \quad (2-23)$
	$\prod_i = (1 - \beta_a - \beta_b) \left\{ \frac{1}{\eta_i} \left(\frac{r_i^B}{\beta_a} \right)^{\beta_a} \left(\frac{q_i^B}{\beta_b} \right)^{\beta_b} \right\}^{\frac{1}{\beta_a + \beta_b - 1}} \quad (2-24)$
	<i>i</i> : ゾーン, π_i : 生産関数, z_i^B : 合成材の生産量, r_i^B : 地代, q_i^B : ビジネストリップのコスト, a_i^B : 土地の消費量(ビジネスエリア), x_i^B : ビジネストリップの消費量, η_i : 生産性パラメータ, β_a, β_b : 支出配分パラメータ

2) 立地選択モデル	
家計の行動	<p>立地の選択確率はロジットモデルにより推定を行う。</p> $P_i^H = \frac{\exp\theta^H(V_i + \tau_i^H)}{\sum_i \exp\theta^H(V_i + \tau_i^H)} \quad (2-25)$ $N_i = P_i^H \cdot N_T \quad (2-26)$ <p>i: ゾーン, P_i^H: 家計の立地選択確率, N_i: 各ゾーンの人口数, N_T: 解析対象エリアの合計人口数, θ^H: 立地選択モデルのロジットパラメータ, V_i: 効用関数, τ_i^H: 調整項</p>
企業の行動	<p>立地の選択確率はロジットモデルにより推定を行う。</p> $P_i^B = \frac{\exp\theta^B(\Pi_i + \tau_i^B)}{\sum_i \exp\theta^B(\Pi_i + \tau_i^B)} \quad (2-27)$ $E_i = P_i^B \cdot E_T \quad (2-28)$ <p>i: ゾーン, P_i^B: 企業の立地選択確率, E_i: 各ゾーンの従業者数, E_T: 解析対象エリアの合計の従業者数, θ^B: ロジットパラメータ, Π_i: 効用関数, τ_i^B: 調整項</p>
3) 居住エリア・ビジネスエリアの土地需要／私事・ビジネストリップの発生量	
家計の行動	<p>居住エリアの需要量と私事トリップの発生量は以下の式で算出する。</p> $ZA_i^H = a_i^H P_i^H N_T \quad (2-29)$ $ZX_i^H = x_i^H P_i^H N_T \quad (2-30)$ <p>i: ゾーン, ZA_i^H: 居住エリアの需要量, ZX_i^H: 私事トリップ数, P_i^H: 家計の立地選択確率, N_T: 解析エリアの合計人口, a_i^H: 土地の消費量(居住エリア), x_i^H: 私事トリップの消費量</p>
企業の行動	<p>ビジネスエリアの需要量とビジネストリップの発生量は以下の式で算出する。</p> $ZA_i^B = a_i^B P_i^B E_T \quad (2-31)$ $ZX_i^B = x_i^B P_i^B E_T \quad (2-32)$ <p>i: ゾーン, ZA_i^B: ビジネスエリアの需要量, ZX_i^B: ビジネストリップ数, P_i^B: 企業の立地選択確率, E_T: 解析対象エリアの合計の従業員数, a_i^B: 土地の消費量(ビジネスエリア), x_i^B: ビジネストリップの消費量</p>

表2-10. 不在地主の行動モデル

1) 不在地主の土地供給モデル	
不在地主は以下の土地供給関数に従い家計と企業の為の土地を供給する。	
居住エリア市場	$y_i^H = \left(1 - \frac{\sigma_i^H}{r_i^H}\right) Y_i^{HO} \quad (2-33)$ <p>y_i^H: 居住地の供給面積, Y_i^{HO}: 居住地の利用可能面積, σ_i^H: パラメータ, r_i^H: 居住地の地代</p>
ビジネスエリア市場	$y_i^B = \left(1 - \frac{\sigma_i^B}{r_i^B}\right) Y_i^{BO} \quad (2-34)$ <p>y_i^B: ビジネスエリアの供給面積, Y_i^{BO}: ビジネスエリアの利用可能面積, σ_i^B: パラメータ, r_i^B: ビジネスエリアの地代</p>

表2-11. 均衡条件

居住エリア市場	人口	ビジネスエリア市場	従業者数
$y_i^H = ZA_i^H$ (5-35)	$\sum_i N_i = N_t$ (5-36)	$y_i^B = ZA_i^B$ (5-37)	$\sum_i E_i = E_t$ (2-38)

2.4.1.2 交通モデル

表2-12 交通モデル

1) 発生交通量モデル	
旅客 日常トリップ	<p>私事・通勤通学・ビジネストリップの発生量は以下の式で算出する。</p> $ZX_i^{WS} = \mu_i^{WS} P_i^H N_T \quad (2-39)$ $ZX_i^H = x_i^H P_i^H N_T \quad (2-40)$ $ZX_i^B = x_i^B P_i^B E_T \quad (2-41)$ <p>i: 出発地ゾーン, ZX_i^{WS}: 通勤通学トリップの発生交通量, ZX_i^H: 私事トリップの発生交通量, ZX_i^B: ビジネストリップの発生交通量, P_i^H: 家計の立地選択確率, P_i^B: 企業の立地選択確率, N_T: 解析対象エリアの合計人口数, E_T: 解析対象エリアの合計従業員数, μ_i^{WS}: 通勤通学トリップの消費比率, x_i^H: 私事トリップの消費比率, x_i^B: ビジネストリップの消費比率</p>
	<p>私事・通勤通学トリップの発生量は以下の式で算出する。</p> $ZX_i^{H'} = ARV \cdot \frac{R^H}{R^H + R^B} \quad (2-42)$ $ZX_i^{B'} = ARV \cdot \frac{R^B}{R^H + R^B} \quad (2-43)$ <p>i: 出発地ゾーン, $ZX_i^{H'}$: 桃園空港の発生交通量 (ビジネス), $ZX_i^{B'}$: 桃園空港の発生交通量 (私事), ARV: 桃園空港に到着する旅客量, R^H: 台湾訪問者の観光目的比率, R^B: 台湾訪問者の出張目的比率</p>
	<p>私事・通勤通学トリップの発生量は以下の式で算出する。</p>
2) 目的地選択モデル	
旅客 日常トリップ	<p>目的地選択行動はロジットモデルにより算出する。</p> $P_{ij}^m = \frac{\exp(V_{ij}^m)}{\sum_{j'} \exp(V_{ij'}^m)} \quad (2-44)$ $V_{ij}^m = \theta_1^m \ln S_j^m + \lambda^m ACC_{ij}^m \quad (2-45)$ $ACC_{ij}^m = \ln \sum_k \exp(V_{ijk}^m) \quad (2-46)$ <p>i: 出発地ゾーン, j: 目的地ゾーン, m: トリップ目的, $m \in \{WS(commute), H(private), B(business)\}$, k: 交通モード, $k \in \{c(car), r(railway), b(bus), s(motorcycle)\}$, P_{ij}^m: 目的地選択確率, V_{ij}^m: トリップ目的毎の効用関数: m, S_j^m: 目的地の魅力度, ACC_{ij}^m: アクセシビリティ, V_{ijk}^m: トリップ目的・交通モード毎の効用関数, θ_1^m: 目的地の魅力度のパラメータ λ^m: アクセシビリティのパラメータ</p>

<p>旅客 非日常トリップ</p>	<p>目的地選択行動はロジットモデルにより算出する。</p> <p>1) 私事トリップ</p> $P_j^m = \frac{NT_j^m}{\sum_{j'} NT_{j'}^m} \quad (2-47)$ <p>j: 着地ゾーン, NT_j^m: 観光者数</p> <p>2) ビジネストリップ</p> $P_{ij}^m = \frac{\exp(V_{ij}^m)}{\sum_{j'} \exp(V_{ij'}^m)} \quad (2-48)$ $V_{ij}^m = \theta_1^m \ln S_j^m + \lambda^m ACC_{ij}^m \quad (2-49)$ $ACC_{ij}^m = \ln \sum_k \exp(V_{ijk}^m) \quad (2-50)$ <p>i: 出発地ゾーン, j: 着地ゾーン m: トリップ目的, $m \in \{WS(commute), H(private), B(business)\}$ k: 交通モード, $k \in \{c(car), r(railway), b(bus), s(motorcycle)\}$ P_j^m: 目的地選択確率, V_{ij}^m: トリップ目的毎の効用関数, S_j^m: 魅力度, ACC_{ij}^m: アクセシビリティ, V_{ijk}^m: トリップ目的・交通モード毎の効用関数</p>
<p>3) 交通モード選択モデル</p>	
<p>交通モード選択モデルはロジットモデルにより算出する。</p>	
<p>Passenger [usual trip]</p>	$P_{ijk}^m = \frac{\exp(V_{ijk}^m)}{\sum_{k'} \exp(V_{ijk'}^m)} \quad (2-51)$ $V_{ijc}^m = \theta_2^m t_{ij}^c + \beta_2^m n_{ij} + \beta_3^m u + a_c^m \quad (2-52)$ $V_{ijr}^m = \theta_2^m t_{ij}^r + \beta_2^m n_{ij} + a_r^m \quad (2-53)$ $V_{ijb}^m = \theta_2^m t_{ij}^b + \beta_2^m n_{ij} + a_r^m \quad (2-54)$ $V_{ijs}^m = \theta_2^m t_{ij}^s + \beta_1^m d_{ij} + \beta_2^m n_{ij} \quad (2-55)$
<p>Passenger [visitor trip from airport]</p>	$P_{ijk}^m = \frac{\exp(V_{ijk}^m)}{\sum_{k'} \exp(V_{ijk'}^m)} \quad (2-56)$ $V_{ijc}^m = \theta_2^m t_{ij}^c + \beta_2^m n_{ij} + \beta_3^m u + a_c^m \quad (2-57)$ $V_{ijr}^m = \theta_2^m t_{ij}^r + \beta_2^m n_{ij} + a_r^m \quad (2-58)$ $V_{ijb}^m = \theta_2^m t_{ij}^b + \beta_2^m n_{ij} + a_r^m \quad (2-59)$ $V_{ijs}^m = \theta_2^m t_{ij}^s + \beta_1^m d_{ij} + \beta_2^m n_{ij} \quad (2-60)$ <p>i: 出発地ゾーン, j: 着地ゾーン k: 交通モード $k \in \{c(car), r(railway), b(bus), s(motorcycle)\}$ P_{ijk}^m: 移動目的毎の交通モードの選択確率, V_{ijk}^m: 移動目的毎・交通モード毎の効用関数, V_{ijk}^m: トリップ目的・交通モード毎の効用関数, t_{ij}^c: 車の一般化費用, t_{ij}^r: 鉄道の一般化費用, t_{ij}^b: バスの一般化費用, t_{ij}^s: バイクの一般化費用, d_{ij}: ij間の距離ダミー ($ij < 8$ km: 0, $ij > 8$ km: 1), n_{ij}: 交通事故の発生率 u: 車選好ダミー (car: 1, other: 0), θ_2^m: トリップ目的毎の一般化費用のパラメータ, β_1^m: 距離ダミーのパラメータ $\beta_1^m \in (1,0)$, β_2^m: アクシデントダミーのパラメータ, β_3^m: 車選好ダミーのパラメータ, $\beta_3^m \in (1,0)$ a_c^m a_r^m: 定数項</p>

2.4.2 CUEモデルに用いるパラメータの推定

本節では、桃園市を対象とした分析を進めるにあたり、前節で示したCUEモデルの構造において必要となるパラメータに関して記す。本検討は桃園市政府との協議を通じて取り組んでおり、既往研究であるChenら⁷⁾との一貫性を確保する事を目的に、土地利用モデルと交通モデルのパラメータはChenら⁷⁾にて推定した結果を引用する。

2.4.2.1 土地利用モデルのパラメータ

土地利用モデルに適用する、支出配分パラメータ（表2-13）及び生産関数パラメータ（表2-14）は、Chenら⁶⁾の値を適用する。本値は、家計の効用化最大問題と企業の利潤最大化行動に関する需要関数を用いて最小二乗法により推定を行っている。

表2-13 支出配分パラメータ（家計）

	土地 α_a	交通 (私事トリップ) α_x	合成材 α_z
推定値	0.0107	0.2693	0.7200
t値	4.16	16.16	- [$1 - \alpha_a - \alpha_x$]

表2-14 生産関数パラメータ（企業）

	土地 β_a	交通 (ビジネストリップ) β_b
推定値	0.0037	0.0680
t値	3.63	5.50

2.4.2.2 交通モデルのパラメータ

交通モデルに適用する，目的地選択と交通手段選択のパラメータについても，土地利用モデルと同様にChenら⁷⁾の値を適用する．本値は，本研究で用いたパーソントリップデータにより，台湾の居住者の行動選好を示す反映したパラメータとして推定を実施している．

表2-15 目的地選択モデルのパラメータ【旅客トリップ】

	通勤・通学		私事		ビジネス	
	推定値	t値	推定値	t値	推定値	t値
アクセシビリティ指標： λ^m	-0.0088	-24.2	-0.0099	-23.5	-0.0045	-22.4
魅力指標： θ_1^m	10.8169	9.6	10.8865	9.7	14.2815	15.4
尤度比： ρ^2	0.36		0.36		0.34	

表2-16 交通モード選択モデルのパラメータ

	通勤・通学		私事		ビジネス	
	推定値	t値	推定値	推定値	t値	推定値
一般化コスト： θ_2^m	-0.0058	-16.1	-0.0049	-11.6	-0.0027	-10.9
距離ダミー： β_1^m	-0.2926	-9.8	-0.1192	-3.9	--	--
交通事故発生率： β_2^m	--	--	--	--	-0.1725	-3.2
車選好ダミー： β_3^m	--	--	--	--	-0.8051	-36.8
車 定数項： a_c^m	-1.2196	-45.0	-0.3398	-12.7	0.4843	19.9
列車 定数項： a_r^m	-1.483	-73.3	-1.113	-47.9	-1.5628	-65.7
尤度比： ρ^2	0.48		0.27		0.83	

2.4.3 シミュレーションケース

本検討では、桃園市を中心とした台湾北部における、将来の都市開発と交通開発の効果について評価を行う。評価対象年度は主要な鉄道整備や道路整備が完了する2021年とし、比較対象として2009年を現在時点（基点）として解析を実施する（表2-17）。2021年時点における、鉄道と道路の開発路線の一覧については、表2-5によるものとする。尚、桃園航空城は2041年に完成予定であるが、自治体が計画した書類を基に、2021年時点の開発目標値（開発人口など）を適用する。

表2-17 シミュレーションケース

Case	年次	交通開発				都市開発
		鉄道		道路		桃園航空城計画
		現在	将来	現在	将来	
Case1	2009	✓		✓		
Case2	2021	✓	✓	✓	✓	✓

2.4.4 将来シナリオの設定

2021年における、経済・人口・従業者数の成長シナリオを表2-18に示す。本検討では、2009年時点の各値に成長率を乗算する事により、2021年の推定値を算定した。

表2-18 成長シナリオの設定方法

項目	成長率 [2009 to 2021]	推定方法
GRP	1.40	台湾全土のGDP成長率[%/year]のデータを適用
Population	1.05	台湾全土の将来人口推定結果と台湾全土に占める台湾北部エリア（桃園市，台北市，新北市，基隆市）の人口比率より推定
Employee	1.23	台湾全土の将来従業者数を基に，台北北部エリアの労働供給と労働需要の平均成長率により推定

2.4.5 CO₂発生量の推定方法

本検討では、以下に示す算出式によりCO₂排出量を算出する。対象とする交通機関は、車とバイクによる交通トリップとした。CO₂排出量は、道路ネットワークを構成する各道路リンクのCO₂排出量の合計とする。特徴としては、CO₂排出原単位は走行速度の関数となっていることである。関数形としては、速度を横軸とし、CO₂排出原単位を縦軸とした場合、下に凸となる。簡易なメカニズムとしては、ある道路リンクへの交通需要（交通量）が増加することで渋滞が発生すると、当該道路リンクの走行速度が低下する。これにより、CO₂排出原単位が増加し、当該道路リンクからのCO₂発生量が増加する事になる。

尚、本研究ではCO₂排出量に関連するデータが台湾市政府から入手する事が困難であった為、日本のデータに基づいて算出をしている。従い、2009年から2021年においては日本におけるCO₂排出量の変動率を用いて、両時点の結果を比較している事に注意を要する。

$$CO_{2l} = T_l \cdot D_l \cdot f(v_l) \quad (2-61)$$

CO _{2l}	: リンクlにおける車からのCO ₂ 発生量
T _l	: リンクlにおける車とバイクのトリップ数
D _l	: リンクlの道路長
v _l	: リンクlの運転速度
f(v _l)	: 運転速度に応じたCO ₂ 排出量

2.5 CUEモデルによる台湾・桃園市のTOD型都市開発の整備効果の評価

2.5.1 シミュレーション結果

前節までに設定した条件の下、桃園市におけるTOD型都市開発にCUEモデルを適用した分析結果として、図2-10に人口密度と従業者密度の変化を、図2-11に地代の変化を示す。本分析結果は何れも、2009年と2021年のゾーン毎のシミュレーション結果の差を示している。

まず、図2-10に目を向けると、桃園市が計画する都市開発と交通開発を実施した場合、人口密度と従業者密度はレッドラインとグリーンラインの駅周辺に集中的に増加する傾向を示している。特に、駅周辺の人口増加率は7%を示し、桃園航空城周辺では74%の増加率を示す。同様に、従業員の増加率は、駅周辺で25%、桃園国際航空城周辺では100%を示す。続いて、図2-11の地代の変化に目を向けると、グリーンラインとレッドラインの結節点を中心に、軌道系交通沿線の土地価格が一様に増加する傾向を示す。特に、住宅地代の上昇率は約3%、ビジネスエリア地代の上昇率は約11%を示している。つまり、桃園市が計画する都市開発と交通開発により、居住地と従業地が駅周辺に再配置され、軌道系公共交通の駅を中心としたTOD型の都市形成への移行が促進される事が確認できる。

次に、図2-12に示す交通環境の変化に目を向ける。特徴的な結果としては、2021年時点において鉄道トリップ数とバストリップ数の増加が顕著であり、公共交通機関の利用増加傾向が確認できる点である（図2-12-a）。しかしながら、依然として交通行動の主体は車・バイクの道路交通であり、桃園市では約75%を占める（図2-12-b）。その結果、桃園市全域の観点から交通モードの変化を見ると、鉄道やバスをはじめとする公共交通の増加効果は限定的という結果となる。従い、公共交通の更なる利用率増加を図る為には、自動車やバイクの利用に対する追加的な交通施策を講じる事により、道路交通の利用率を低減させる必要があると考えられる。このように、公共交通を中心としたTOD型の都市形成を浸透させる為には、交通インフラの整備のみではなく、住民・企業の交通行動を抑制・制御する仕組みが必要であると考えられる。

一方、上述した桃園市の交通モードの変化が限定的な理由の一つとして、シミュレーションモデルの中の一般化コストのパラメータ： θ_2^m の値が非常に小さい事が挙げられる。これは、交通インフラの整備による輸送利便性向上の効果が限定的である事を示しており、本分析においては公共交通を利用する乗客数を過小評価している可能性がある。本研究では、既往研究との一貫性を確保する為、パラメータ関連についてはChenら⁷⁾の研究で利用した値を引用しているが、将来的にはパラメータの再推定を含めた結果の再評価が必要であると考えられる。

続いて、車とバイクからの人口1人当たりCO₂発生量に関して、2021年において鉄道整備をはじめとする交通開発を実施した場合としない場合について比較を実施した結果を図2-13に示す。結果、交通開発を行うことによる台湾北部エリア全域でのCO₂排出量の削減率は0.5%である。この削減率は少量であるが、台湾北部エリアにおいて人口増加に伴い交通需要が増加する事を考慮すると、桃園市が計画する交通開発は自動車とバイクを中心とした交通セクターからのCO₂を十分に抑制できることを示している。即ち、本結果はTOD型都市開発の効果として期待されるCO₂削減を実現可能であることを示している。

本検討の結果、桃園市の4つの交通手段のうち公共交通を利用する乗客の割合は増加する傾向を示したが、既存の公共交通（特に鉄道）が脆弱である事から、住民と従業者は依然として日常生活の中で自動車とオートバイを使用する傾向を示す。また、将来的には台北市のような巨大業務集積都市への移動トリップが更に増加する事により、住民の行動範囲が広がる事が予想される。その為、最終的に TOD 型都市開発を実現させる為には、軌道系交通の導入以外に追加的な都市政策が求められる。例えば、日本の民間鉄道会社を中心に行われた TOD 型都市開発は、軌道系交通の導入に加えて、沿線への居住地・従業地の計画的配置、買い物先や娯楽施設の立地促進まで含め、沿線住民の生活を包括的にコーディネートすることで、軌道系交通を中心とした生活圏の構築を実現した。このように、桃園市において TOD 型都市開発を実現するためには、駅周辺地域での乗用車・スクーター利用を制限する交通施策、駅から徒歩圏内の地域への住宅建設推進・産業誘致促進、駅から離れた地域への住宅および産業の立地抑制など、公共交通以外のモードに対する交通対策と土地利用対策を統合的に実施していくことが求められる。

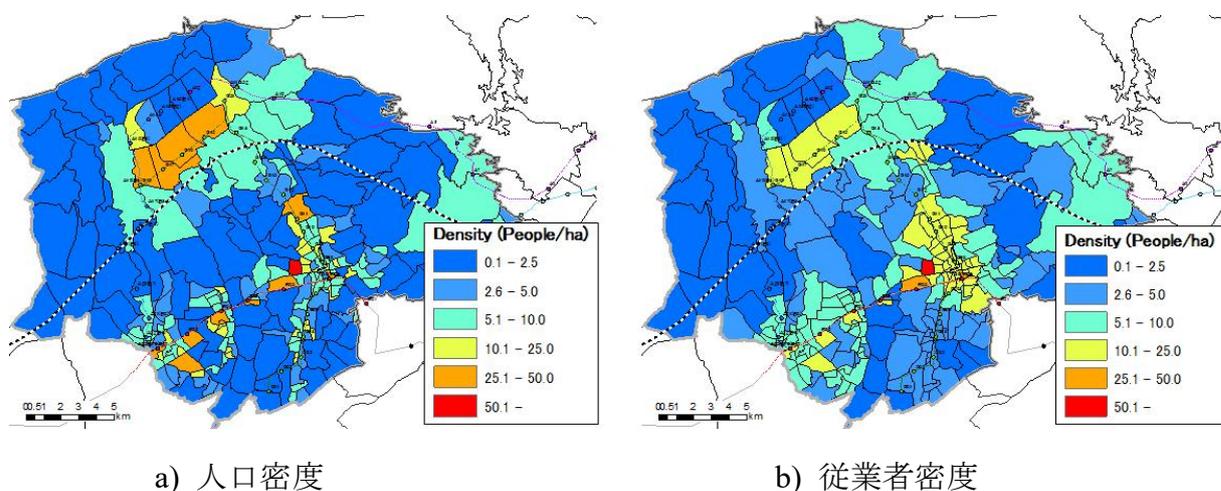


図2-10 推定結果：人口・従業者密度に関する2009年と2021年の差分

2.5.2 CUEモデルによるシミュレーションを通じた本取組の考察

本節では、衛星画像を用いた土地利用データの推定手法の開発を行い、CUEモデルの基本概念と組み合わせる事により、これまでのCUEモデルでは対応が難しかった、データ整備が乏しいアジア・ASEAN諸国へのCUEモデルの適用を試みた。結果、以下の成果が得られた。

- ▶ 土地利用データの推定手法の開発により、土地利用データが十分に整備されていないアジア・ASEAN各国に対して、詳細なゾーン単位で土地利用情報を生成できる事を目途付け。
- ▶ 本手法を台湾の桃園市におけるTOD型都市開発に適用し評価を実施した結果、TOD型都市開発の評価に求められる、公共交通の駅単位の交通行動及び立地変化について評価可能である事を確認。

以上より、本節で検討を行った事項は、従来CUEの適用が困難であった、アジア・ASEAN諸国をはじめとする土地利用データの整備が不十分な地域に対する都市・交通計画及びTOD型都市開発の評価に適用可能である見通しを得た。

一方、今回開発を行った衛星画像を用いた土地利用データの推定手法については、将来的に以下について更なる検討を実施する必要がある。

- ▶ 衛星画像を用いた土地利用データを推定するアプローチの正確性を保証する為、推定初期段階で実施する250mメッシュのサイズの最適化。
- ▶ 土地利用面積推定手法について、衛星画像による土地利用区分の判別を自動で実施するアルゴリズムの開発への取り組みによる、詳細な土地利用データ生成の効率化。
- ▶ 今回開発した精密なCUE分析手法を、アジア・ASEANの主要都市のTOD型都市開発に適用する事による実績の蓄積と土地利用データの推定精度の向上。尚、詳細な土地利用データは整備されておらず推定結果との比較ができない状況故、詳細な土地利用データ取得する仕組みも必要。

2.6 結言

本章では、CUEモデルをアジア・ASEAN諸国への適用として、台湾の桃園市が計画するTOD型都市開発計画の評価を実施した。評価の実施に際し最大の課題であった、土地利用データの整備が不足している点については、「県・市レベル」のLarge Zoneの土地利用データと衛星画像を用いた、「村・郷レベル」のSmall Zoneの土地利用データの推定手法を提案する事により、CUEモデルに必要なデータセットは整備可能である事の見通しを得ると共に、CUE分析においてTOD型都市開発の評価を実施できる見通しを得た。

一方、本推定結果について、桃園市政府の交通局長他と意見交換をした際の課題として、前述の新たな推定手法に関する精度検証の他に以下の課題を得た。

- CUEモデル，特に土地利用モデルの立地選択行動の推定精度の向上の可能性
- CUEモデルへの台湾特有の行動特徴の反映

第一の立地選択行動の推定精度については、国内においても検証が十分とは言えない状況であり、1.5節において示した通り、小池⁸⁾において指摘されている非常に重要な課題である。今後、CUEモデルの信頼性を向上させる為には、改めてCUEモデルの立地選択行動の推定精度を検証する事は重要である事から、多くのデータが整備されている国内において実証検証を行う事が望ましいと考えられる。また、第二の評価対象地域へのローカライゼーションについても1.5節に示した指摘と同一であり、経済格差の大きいアジア・ASEAN地域では、経済状況による選考も異なる事が容易に想像でき、これらへの対応なくしてはCUEモデルのアジア・ASEAN地域への適用は困難であると考えられる。以上の事から、アジア・ASEAN諸国へのCUEモデルの適用に向けて、上述の課題について実証検証を行う。

参考文献

- 1) 谷口守：コンパクトシティと TOD をめぐる計画論，日本都市計画学会，都市計画 58(5)，pp5-pp8，2009
- 2) Ueda, T., Tsutsumi, M., Muto, S., Yamasaki, K. : Unified computable urban economic model, The annals of regional science, 50(1), pp341-pp362, 2013
- 3) Yamasaki, K., Ueda, T., Muto, S. : Impacts of transport infrastructure policies in population-declining metropolitan area, Metropolitan Regions Advances in Spatial Science 2013, pp425-pp449, 2013
- 4) 山崎清，上田孝行，岩上一騎：開発人口・及び誘発・開発交通を考慮した東京湾アクアラインの料金値下げ効果の計測，高速道路と自動車，第51巻，第6号，pp20-32，2008
- 5) 堤盛人，山崎清，小池淳司，瀬谷創：応用都市経済モデルの課題と展望，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol.68，No.4，pp344-pp357，2012
- 6) 桃園航空城計画 公式 HP：<http://www.taoyuan-aerotropolis.com/jp/index.php>
- 7) Chen, H., Tsutsumi, M., Yamasaki, K., Iwakami, K. : An impact analysis of the Taiwan Taoyuan international airport access MRT system – considering the interaction between land use and transportation behavior-, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, pp315-pp334, 2013
- 8) 小池淳司：応用都市経済モデル（土地利用・交通モデル）の理論展開と実用化，日本都市計画学会，都市計画：City planning review, 66(2)，pp38-pp41，2017

第3章 CUE モデルにおける立地選択モデルの検証

3.1 緒言

CUE モデルは、ミクロ経済学を基礎とした実用的な LUTI モデルある一方、1.5 節で示した通り、その課題の一つとして、小池¹⁾により集計ロジットモデルを用いた CUE モデルの立地選択行動の推定精度改善に向けた、実証検証の必要性が指摘されている。

ここで、改めて CUE モデルの構成について示すと、CUE モデルは、土地利用モデルと交通モデルから構成され、各モデルにおける立地選択行動及び交通選択行動にはロジットモデルが用いられている。特徴的な点としては、交通需要予測において既に定着・普及しつつあった離散選択行動モデル、具体的にはロジットモデルを土地利用モデルの立地選択行動の予測に適用している事を挙げており、この点は Anas²⁾ が大きく影響している²⁾。

ここで、土地利用モデルに着目すると、土地利用モデルは土地需要モデルと土地供給モデルに区分され、土地需要モデルにおいては、各地域の魅力度をその地域の代表的家計の間接効用関数として表現し、所得・トリップ費用・地代が説明変数として用いられる。そして、その間接効用関数を基にロジットモデルにより立地選択確率が求められる。ロジットモデルを用いる理由として、各主体の立地選択行動には土地の情報が不十分、各主体が必ずしも合理的でない等といった不確実性が伴うためである。

一方、ロジットモデルを用いた立地選択行動の推定メカニズムに視点を移すと、ロジットモデルを構成する分散パラメータ： θ の役割は、効用が立地選択確率に与える影響の大きさを決める。すなわち、立地選択確率に示す不確実性の程度を表現していると解釈することが可能である。例えば、分散パラメータ： θ が0であれば、効用の大小に関係なく各選択肢の選択確率はすべて等しくなり、分散パラメータ： θ が無量大であれば最も効用の大きい選択肢の選択確率が100%となり、その地域のみ立地することとなる。立地選択モデルから最終的なアウトプットの一つとして各地域の人口分布が求められ、この人口分布の変化を通じて交通整備などの誘発需要が計算されることを考慮すると、ここでの立地選択モデルの精度は公共政策の可否やその費用便益評価を行う上で重要な指標であると言える。したがって、ロジットモデルの分散パラメータ： θ が立地選択行動の推定結果に与える影響度を把握した上で、その設定方法を正しく定めることは、政策判断の上で非常に重要であると言える。

しかし、既往研究において立地選択確率の導出に用いられる分散パラメータ： θ は概ね1とされており、その統計的検証は行われておらず、かつ時間安定性及びその妥当性

についての研究もなされていない。理由としては、CUEモデルにおける立地選択モデルでは、人口分布の推測値と統計データ等を用いて設定される人口分布の実測値が合致するように調整項： τ が設定される為、調整項： τ のキャリブレーションのみで現況再現性が確保され、分散パラメータ： θ に関して調整する方法が無いためである。すなわち、1時点でのデータを用いてモデルを構築し予測を行うCUEモデルでは、分散パラメータの推定が不可能であると言える。この様に、CUEモデルの立地選択行動を推定する過程において、推定結果に大きな影響を与える、分散パラメータ： θ と調整項： τ の設定に関する統計的検証は十分であるとは言えず、CUEモデルにおける立地選択行動の推定精度を改善・向上する上で非常に重要な視点である。

以上の背景の下、本研究では神戸市の発展経緯を対象とし、複数時点の現況再現分析を通じて、ロジットモデルを用いた立地選択行動推定の妥当性及び時間安定性の検証を行う。

3.2 立地選択行動における不確実性行動のモデル化

3.2.1 離散選択モデルの適用

ある主体の不確実性を持つ選択行動を推定する手法の一つとして離散選択モデルが挙げられ、代表的なランダム効用理論（以下、ロジットモデル）は交通計画やマーケティングなど幅広い分野で適用されている。

交通モデルにおけるロジットモデルの適用は古く、1970年代より交通需要予測における交通機関の選択行動を予測する手法として適用されている³⁾。その後、前節で示した通り、Anas²⁾により土地利用モデルに適用され、住宅立地を対象として離散選択モデルを適用し現代都市経済学の理論との整合性を保ちながら実証的な分析の枠組みが提示された。日本におけるAnasの影響は非常に大きく、1980年代後半からわが国で開発が進められた土地利用モデルにおいては、立地行動選択としてロジットモデルが共通的に適用されている³⁾。

ロジットモデルを用いた交通配分モデルの定式化の一つとして、宮城・小川⁴⁾により定義された「選択の基本公式」が挙げられ、土地利用モデルの立地選択行動においても適用されている。その基本概念は以下のとおりである。

- 選択者の効用は、『観測可能な効用』と『観測不可能な効用』の線形和として定式化される。
- 『観測可能な効用』は、立地魅力度を示す観察可能な指標であり、間接効用関数及び住環境や地形的な要因などの地域固有の指標から構成される。実証分析では、この地域固有の指標を調整項： τ として位置付け、外生的パラメータとして実測値とのキャリブレーション時に同定する事が一般的である。
- 『観測不可能な効用』は、選択の変化に関する確率的誤差としてガンベル分布に従うと定義される。また、確率的誤差の分布形状を決定する指標として、分散パラメータ： θ が定義される。

このように、土地利用モデルにおける立地選択行動は、交通モデルの不確実性状況下における経路選択理論の影響を大きく受けてきた。交通モデルでは、集計データ（交通量データ）のみではなく非集計データ（個人行動データ）をロジットモデルに適用する例も多くあり、取得可能な情報と分析要求に応じて、何れかを選択している。

3.2.2 既往研究のレビュー

3.2.2.1 立地選択モデルにロジットモデルを適用している既往研究

立地選択モデルにロジットモデルを用いた既往研究において分散パラメータ： θ がどのように扱われているか、つまり分散パラメータ： θ の値をどのようにして決定しているかについて整理を行う。前述の通り、分散パラメータ： θ の値によって、ガンベル分布の概形が変化する。各既往研究の立地魅力度関数あるいは間接効用関数、立地選択モデルをまとめたものを表3-1に示す。

表3-1 既往研究の立地魅力度関数・立地選択モデル

既往研究	立地魅力度関数/間接効用関数	ロジットモデル	分散パラメータ： θ	調整項： τ
林・富田 [1988] ⁵⁾	V	$P = \frac{\exp(V)}{\sum \exp(V)}$	実質的に1	なし
富田・寺嶋 [2003] ⁶⁾	$V = \max[U(Z, L, X, S)] + \mu \cdot \gamma(f)$ s. t. $pZ + rA + (e + q)X + wS = w\left\{\Omega - \frac{\sum NT}{N}\right\} + y$	$P = \frac{\exp(\alpha V)}{\sum \exp(\alpha V)}$	α の詳細は未記載	なし
杉木・宮本 [2003] ⁷⁾	$U = \xi z + \zeta Y$	$P = \frac{\exp(U)}{\sum \exp(U)}$	実質的に1	なし
大森・高木・秋山 [2004] ⁸⁾	$u = \frac{\int z \cdot \mu(z) dz}{\int \mu(z) dz}$	$P = \frac{\exp(\theta \cdot \mu)}{\sum \exp(\theta \cdot \mu)}$	$\theta = 1$	なし
CUEモデル	$V_i = \ln(I_i) - \alpha_x \ln(q_i) - \alpha_l \ln(r_i) + C$ s. t. $C = \alpha_z \ln(\alpha_z) + \alpha_x \ln(\alpha_x) + \alpha_l \ln(\alpha_l)$	$P_i = \frac{\exp[\theta(V_i + \tau_i)]}{\sum_i \exp[\theta(V_i + \tau_i)]}$	主に $\theta=1$ と設定	基準年の観測値によるキャリブレーション

林・富田⁵⁾では、より効用の高い住宅が見出されたときに住み替えを希望する世帯とそうでない世帯を区別しており、観測可能な世帯属性変数および住宅属性変数を用いて世帯の間接効用関数 V を表現しているが、①立地余剰（立地効用-地価）が最も大きいゾーンを選択する、②立地余剰に差がない場合は供給される住宅戸数の多いゾーンほど選択されやすい、③この供給量は現居住地から遠くなるにしたがって世帯がそれを認知する確率が低下する。以上の選択行動規範に従い住宅タイプ選択モデルを非集計ロジットモデルとして定式化している。このモデルでは立地選択モデルに分散パラメータに関する記述は明記されていないものの、実質的に1であると解釈できる。

富田・寺嶋⁶⁾では、家計は所得制約下で効用最大化行動をすると仮定している。直接効用関数は合成財消費、床面積需要量（住宅広さ）、自由トリップ数、余暇時間を説明変数としている。間接効用関数は直接効用に交通環境負荷による外部不経済を加えたものである。制約条件として所得制約を設けており、所得は労働所得と資産所得の合計である。ロジットモデルに含まれる“ α ”の値及びその決定方法については記載

されていない。(Z : 合成財消費量, A : 床面積需要量 (住宅広さ), X : トリップ数, S : 余暇時間, $\gamma(f)$: 直接効用に交通環境負荷による外部不経済を加えたもの, p : 財価格, r : 地代, e : 1 自由トリップあたりサービス財消費額, q : 1 自由トリップあたり平均交通費用, w : 賃金率, Ω : 利用可能時間, N : 人口, T : 通勤所要時間, y : 資産所得)

杉木・宮本⁷⁾では、転居発生モデルとして家計の効用を合成財消費量と説明変数ベクトル、パラメータにより定義している。ここでは転居世帯および新規発生世帯は転居先選択モデル (立地選択モデル) によって次期に居住する住宅の種類と転居先が選択される。転居世帯が住居を選択する確率を表す転居先選択モデル (立地選択モデル) をロジットモデルとして定式化している。このとき転居先選択モデル (立地選択モデル) は転居世帯の効用のみにより表現されており、分散パラメータに関する明確な記述は無い。尚、本モデルの場合、効用関数における $\xi \cdot \zeta$ が分散パラメータの役割を内包している可能性が考えられる。しかしながら、それらに関しても明確な記載は無く、詳細は不明であるが、実質的には1として設定していると解釈できる。(U : 直接効用関数, Y : 説明変数ベクトル, $\xi \cdot \zeta$: パラメータ, z : 合成財消費量)

大森ら⁸⁾では、立地魅力度関数を環境要因に応じたメンバシップ値、原点から重心までの横軸の距離を基に求めている。立地選択モデルは多項ロジットモデルとして求めており、分散パラメータ: θ の値 (この論文ではロジットパラメータ) は1と明記されている。(u : 効用水準, $\mu(z)$: 環境要因に応じたメンバシップ値, z : 原点から重心までの横軸の距離)

一方、CUE モデルにおける家計の間接効用関数は、前述の通り、私事トリップ・土地面積・合成材を消費し、時間資源を含む総所得制約下における効用最大化問題として定式化しているが、分散パラメータ $\theta=1$ と設定する事が多く、間接効用関数に含まれていないゾーン固有の魅力度を調整項: τ は、ある基準年におけるモデルの推計値と観測値が一致する様にキャリブレーションを行う。然しながら、導出された調整項の理論的な意味に関する検証はなされていないのが現状である。

以上の結果についてまとめると、立地選択モデルの分散パラメータ: θ の設定については、以下のいずれかであった。

- A) 1であると記載されている
- B) 立地選択モデルに分散パラメータが含まれていないが、実質的に1と解釈できる
- C) 分散パラメータの値について明確な記載されていない

尚、調整項: τ については、CUEモデル以外は記述がなされていないという状況にある。前述の通り、分散パラメータの役割は効用関数のパラメータに内包できるため、

立地選択確率式のみでの評価では分散パラメータが1であると断定することはできない。しかしながら、いずれのモデルにおいても立地選択モデル及び、分散パラメータ： θ の時間安定性や妥当性については検討も行われていないのが現状である。

3.2.2.2 時間移転性に関する既往研究

交通行動や立地選択行動を推定する上で、移転可能性の有無は重要な論点であり、過去より多くの研究が行われている。ここで、移転可能性とは地域間移転性と時間移転性に区分され、前者はある地域で構築したモデルを他の地域に適用した場合の予測信頼性を表し、後者はある時点で構築したモデルを他の時点へ適用した場合のモデルの予測信頼性を表す。

地域間移転可能性を確保する手法として、ある地域で構築したモデルの定数項もしくは全ての係数を他の地域のデータを用い再推定・修正を行う手法が用いられる。非集計交通手段選択モデルの場合、例えばBayesian修正法が挙げられる。これは、移転される地域で同一の変数組によるモデルパラメータを推定した後に、これと移転するモデルのパラメータとの重み平均から新たなパラメータを導出するものである⁹⁾。このように、地域間移転可能性では過去の研究により様々な修正手法が検証されている。今後の課題としては、地域間によるデータ整備状況の差異が挙げられ、データ欠損部分を他地域データで補完する等の処置が定数項やモデルパラメータ推定時の誤差因子となり、結果的に予測モデルの推定精度を低下させる要因に繋がる。

本研究の主題である時間移転可能性は、交通施策等の導入による将来の交通状況・土地利用状況を分析する上で不可欠であるが、その研究事例は少ない¹⁰⁾。従来の推定手法における課題として、定数項補正が挙げられる。これは、ある基準年におけるモデルの推計値と実績値が一致する様に推定された定数項であるが、基準年の実績値がもつ誤差要因（前年との差分）が、将来にわたり影響を及ぼす為、遠い将来の推定を行う場合は、推定精度を低下させる要因となる。

上記背景の中、三古・森川¹¹⁾は、非集計交通手段選択モデルにおいて、定数項以外のパラメータの時間移転可能性は確保されているとの仮定の下、定数項の時間移転可能性に焦点を絞り検証を行っている。名古屋市中区を対象とした1971年と1991年の二期間における検証結果によると、定数項の時間移転可能性は確保されておらず、その要因は過去の交通状況による慣性と交通行動の不可逆性に関連しているとしている。

また、木暮ら¹²⁾は、土地利用交通モデルを対象とし、仙台都市圏において1972年・1982年・1992年の三時点の居住立地・商業立地の各パラメータを導出し、ある時点の説明変数に対して異なる時点のパラメータを用いて現況再現が可能かという観点か

ら、時間移転可能性の検証を行っている。結果、居住立地・商業立地共に基準年より10年先の推計では比較的良好な一致を示すものの、20年先の推計では精度が低下するとしている。しかしながら、その要因・モデルの修正手法に関する言及はされていない。

以上の通り、交通手段選択行動の推定では時間移転性を確保できない要因分析まで実施された実績を有するものの、立地選択行動推定では時間移転性の有無の評価に滞っているのが現状である。従い、立地選択行動の時間移転可能性を低下させる要因の特定、及び修正手法の方針を明確にする事は、長期に至るまで高い推定精度を確保する立地選択モデルを実現する上で、非常に意義があると考えられる。

3.3 兵庫県神戸市の発展経緯を対象とした事後評価の目的と前提条件

3.3.1 事後評価の目的

本節では、神戸市の1980年から2010年の人口変遷を対象とし、CUEモデルによる立地選択行動推定の妥当性と時間安定性の検証を行う。具体的には、以下の2つのアプローチを実施する。尚、本節の検討範囲では、立地選択行動の推定精度を向上させる新たな予測手法の提案は目的としていない。

- A) CUEモデルの従来 of 分析手法を適用した場合の、立地選択行動推定の妥当性と時間安定性の評価
- B) モデル構築年と予測対象年の時間間隔を変化させる事による、立地選択行動に影響を与える因子の検証

ここで、本検証において神戸市を対象とした理由は、一定の人口規模を有し都市発展が昔から今に至るまで継続している為である。また、神戸市は過去50年間で六甲アイランドやポートアイランドなどの人工島の整備、それに伴った公共交通機関の整備が行われており、かつ、人工島の設計と並行して神戸市西区や北区などは大規模な宅地開発が行われている。さらに、1995年の阪神淡路大震災の影響も重なり人口分布が大きく変化した。以上のような社会環境の変化が神戸市の各地域に対して影響を及ぼしたことが想定しやすい事も、神戸市を対象地域として選択した理由である。

3.3.2 CUEモデルの定式化と前提条件

3.3.2.1 CUEモデルの定式化

本節の検討で用いるCUEモデルのフレームワークは、1.4.1節で示した基本構造と同一である。但し、本節では検証の簡素化を目的に、立地選択モデルのうち家計の行動モデルのみに焦点を絞り検証を行う。本検証で対象となる家計の立地選択行動の定式を以下に再掲する。

家計は私事トリップ（トリップ数）、土地面積（宅地消費量）、合成財を消費し、時間資源を含む総所得制約下において効用が最大になるよう行動する。家計の間接効用関数を特定化し、効用最大化問題として家計の財消費行動モデルを式(3-1)、式(3-2)のように定式化しており、私事トリップ（トリップ数）、土地面積（宅地消費量）、合成財を財として直接効用関数は対数線形で特定化している。財消費にトリップ回数を導入している意味としては、買い物や旅行等の外に出かける回数が増加する場合に家計の満足感が向上することを想定しているためである。所得は利用可能時間から通勤

時間の差に賃金率（時間価値）を乗じた消費者の賃金所得である。

$$V(q_i, r_i, l_i) = \max_{q_i, r_i, l_i} [\alpha_z \ln z_i + \alpha_x \ln x_i + \alpha_l \ln l_i] \quad (3-1)$$

$$s.t. z_i + q_i x_i + r_i l_i = w[\Omega - t_{ij}] \equiv I_i \quad (3-2)$$

ただし、 z_i ：合成財消費量、 x_i ：トリップ数、 l_i ：土地面積（住宅地消費量）、 q_i ：トリップ費用、 r_i ：地代、 t_{ij} ：ゾーン*i*から勤務地*j*への通勤時間、 w ：家計の賃金率（時間価値）[円/時間]、 Ω ：総利用可能時間（固定）、 $\alpha_z, \alpha_x, \alpha_l$ ：支出配分パラメータ（ $\alpha_z + \alpha_x + \alpha_l = 1$ ）、 I ：総所得、 V ：（間接）効用関数。

尚、 Ω は代表的家計の総利用可能時間を示し、その定義は1日のうち余暇時間を除く、勤労に費やす事が可能な時間を指す。通常は、分析対象とする地域の特徴に応じて、固定値として設定を行う。一方、本研究では、家計の総所得を神戸市統計書より外生的に与えているため、直接的に Ω の設定は行っていない。

式(3-1)、式(3-2)で表される効用最大化問題を解くことにより、合成財消費量、私事トリップ消費量、宅地面積消費量が導出される。

$$z_i = \alpha_z I_i \quad (3-3)$$

$$x_i = \frac{\alpha_x}{q_i} I_i \quad (3-4)$$

$$l_i = \frac{\alpha_l}{r_i} I_i \quad (3-5)$$

ただし、 z_i ：合成財消費量、 x_i ：私事トリップ消費量、 l_i ：宅地面積消費量。
導出された需要関数により間接効用関数が導出される。

$$V_i = \ln(I_i) - \alpha_x \ln(q_i) - \alpha_l \ln(r_i) + C \quad (3-6)$$

ただし、 $C = \alpha_z \ln(\alpha_z) + \alpha_x \ln(\alpha_x) + \alpha_l \ln(\alpha_l)$

家計は各ゾーンの立地魅力度に応じて立地を選択する。ここで想定する立地選択行動は確率的立地選択行動であり、家計は効用水準のより高いゾーンへ立地変更できるものとする。ここではロジットモデルを用いて、立地選択行動を立地選択確率として定式化する¹³⁾。また、間接効用関数に含まれていない要因であるゾーン固有の魅力度を調整項として考慮する。各ゾーンの人口は対象都市の総人口に式(3-7)を乗じた値である。このとき、分散パラメータの役割は家計の間接効用関数が立地選択確率に与える影響の大きさを決めるものである。分散パラメータは一意に決まり、ゾーン毎に与えられる値ではないことに注意が必要である。

$$P_i = \frac{\exp \theta (V_i + \tau_i)}{\sum_i \exp \theta (V_i + \tau_i)} \quad (3-7)$$

ただし、 P_i ：立地選択確率、 τ_i ：調整項、 θ ：分散パラメータ。

3.3.2.2 前提条件：ゾーンの設定

本分析におけるゾーニングは、図 3-1 に示す通り、2015 年時点における行政区単位とし、東灘区、灘区、中央区、兵庫区、北区、長田区、須磨区、垂水区、西区の 9 ゾーンとする。

なお、本検証ではデータを時系列的に整理する必要があるが、神戸市の行政区画は表 3-2 のように変遷を辿った歴史がある。従い、過去のデータにおいて現在の行政区画と異なる場合、現在の行政区画に相当するように過去のデータを結合または分離をすることで対応することにした。例えば、現在の中央区は 1980 年に生田区と葺合区が統合してできた区域である。このような場合、中央区のデータは生田区のデータと葺合区のデータを結合させることで対応した。



図 3-1 本検証で対象とする神戸市のゾーン区分

表 3-2 神戸市の行政区域の変遷（過去 50 年）

年表	行政区域の変遷
1973 年	兵庫区の一部の区域をもって北区を設置
1980 年	生田区・葺合区の区域に中央区を設置
1982 年	垂水区の一部の区域に西区を設置

3.3.2.3 前提条件：検証に用いたデータセット

立地選択行動の実測値及び推測に用いる間接効用関数の各説明因子の基礎データ項目を表3-3に示す。本分析では、1980年から2010年までの各種統計データを基に、神戸市の人口分布の変遷（立地行動選択の実測値）と推測に用いる各説明因子の値を設定した。

表3-3 検証に用いたデータと出典

データ項目	出典	調査媒体
人口	国勢調査	総務省統計局
土地地代	神戸市統計書	兵庫県都市住宅部
支出配分パラメータ	家計調査報告	総務省統計局
トリップ費用	日本デジタル道路地図	日本デジタル道路地図協会
所得	神戸市統計書	企画調整局

尚、表3-3のうち、支出配分パラメータは、家計の消費に占める交通・土地・合成財の支出割合を決定するものである。本検証では、総務省統計局調べによる1世帯あたりの1か月間の平均消費支出金額（総世帯）を基にして以下の式から算出する。

$$\alpha_z = 1 - \alpha_x - \alpha_l \quad (3-8)$$

$$\alpha_x = \frac{T}{S} \quad (3-9)$$

$$\alpha_l = \frac{L}{S} \quad (3-10)$$

ただし、 S ：1世帯あたりの1か月間の消費支出（全体）、 T ：1世帯あたりの1か月間の交通費用、 L ：1世帯あたりの1か月間の住居費用。

3.3.2.3 前提条件：トリップ費用の設定

トリップ費用は、日本デジタル地図協会のデジタル道路地図を用いて道路ネットワークを作成し、交通量配分を行うことでゾーン間所要時間を算出する。求めたゾーン間所要時間を基に時間価値を乗じることでゾーン間交通費用を算出する。なお、同一ゾーン内の交通費用はゼロと仮定している。トリップ費用は求めたゾーン間交通費用に対して、内々を除いたゾーン毎の人口で重みづけした加重平均で表される。

$$q_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} P_j}{P_T - P_i} \quad (j=i \text{ のとき, } P_j = 0) \quad (3-11)$$

ただし、 t_{ij} ：ゾーン*i*からゾーン*j*への通勤時間、 P_i ：ゾーン*i*の定住人口、 P_j ：ゾーン*j*の定住人口、 P_T ：神戸市の総定住人口。

尚、本分析におけるトリップ費用算出において、複雑化を避ける為に道路交通のみを対象とし、鉄道などの軌道系公共交通は検討対象外とした。

3.4 兵庫県神戸市の発展経緯を対象とした事後評価結果

3.4.1 従来の CUE モデルにおける立地選択行動推定結果

本節では、従来の CUE モデルにおける立地選択行動の推定手順に沿い、推定を実施する。推定手順は以下に示すとおりである。

- ① 家計の効用を前節で示した前提条件を基に式(3-6)から算出し、式(3-7)を用いて各ゾーンの立地選択確率（推定値）を算出する。この際、分散パラメータ： θ の値は1としている。
- ② 人口数に関する国勢調査の調査結果を用いて、各ゾーンの立地選択確率：(実測値)を集計する。
- ③ ①で算出した各ゾーン立地選択確率（推定値）が②で集計した立地選択確率：(実測値)と合致する様、調整項： τ_i のキャリブレーションを行う。ここで、 τ_i^{1980} は、1980年のデータを用いて実測値に合致するようにキャリブレーションを行った調整項の値である。
- ④ 本検証では、③で算出した1980年（基準年）の調整項： τ_i^{1980} を1985年、1990年、1995年、2000年、2005年、2010年での調整項として用いる。つまり、基準年で求めた調整項の値は推定する期間を問わず一定である。従い、各年の各地域の立地選択確率は $\theta=1$ の下で調整項 τ_i^{1980} と期間毎に設定した家計の間接効用関数によって求められる。本推定手法の概念図を図3-2に示す。

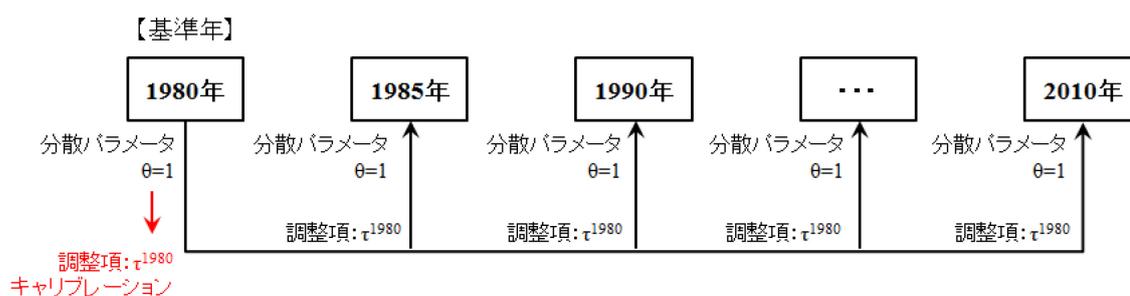
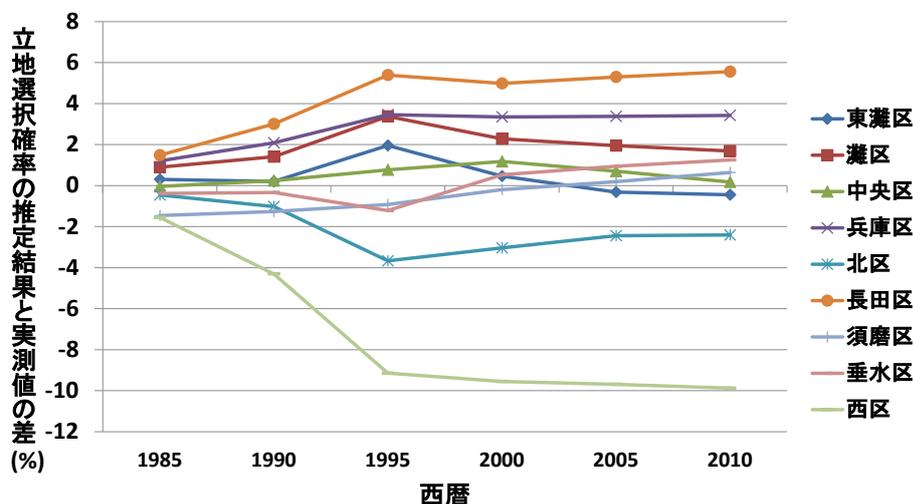


図 3-2 従来 CUE モデルにおける推定手法の概念図

図 3-3 は、上述した手順により導出した立地選択確率の推定結果と実測値の差を地域・時間毎に示した図であり、 R は立地選択確率の推定結果と実測値との相関係数を表す。図 3-3 の推定結果から、基準年である 1980 年より 15 年以上長期の期間（1995 年以降）を推定する場合、実測値との整合性は徐々に低下し、相関係数は 0.3 を下回る結果を得た。これは、間接効用関数以外の要因、すなわち調整項が時間的変化を捉えられていない事が要因であると考えられる。本手法の様に、 $\theta=1$ の下で調整項を基準年の

一時点で導出する手法では、立地選択モデルの時間移転可能性を確保する事は難しく、長期の期間における推定精度を低下させる。一方、基準年から10年以内(1980年以内)であれば、相関係数は0.6を上回る事から、一定の推定精度を確保可能であると考えられる。



推定期間 (基準年 - 推定年)	'80-'85	'80-'90	'80-'95	'80-'00	'80-'05	'80-'10
分散パラメータ : θ	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
相関係数 : R	0.917	0.695	0.281	0.178	0.150	0.089

図 3-3 従来の CUE モデルにおける立地選択確率の推定結果と実測値の差

その他の要因として、1995年を境として推定値の精度が著しく低下している。これは、1995年に発生した阪神淡路大震災による影響であると考えられ、本手法において突発的・大規模な自然災害等の影響を反映する事の難しさを表している。さらに、全期間を通じて西区が過小推計されている。この要因として、西区は1980年以降大規模なニュータウン開発が行われ、図3-4のように人口が大幅に増加した地域である事が要因として考えられる。尚、3.3.2.3節で述べた様に、本研究のトリップ費用は複雑化を避ける為に道路交通のみを対象とし、鉄道などの軌道系公共交通は検討対象外としている。そのため、鉄道の整備効果を考慮していないことは西区が過少推計されている要因の一つになると考えられる。しかしながら、同様の鉄道整備は西区以外でもなされており、かつ鉄道が整備された際のトリップ費用の影響は神戸市の各区全体に及ぶ。このことから、大規模なニュータウン開発が西区の過小評価の主要因であると考えた。

以上の結果、従来の立地選択モデルの分析手法のように、基準年の一時点で調整項

等のパラメータを導出し、短期から長期に至るまで立地選択行動を精度良く推定する事は難しい。そこで、CUEモデルにおける本課題の改善に向けた方向性を見極める為、モデル構築年と予測対象年の時間間隔を変化させた場合の効果を確認する。次節では、2つの異なる手法において分散パラメータと調整項を推定し、立地選択行動の推定精度を検証すると共に、各パラメータが予測精度に与える影響の考察を行う。

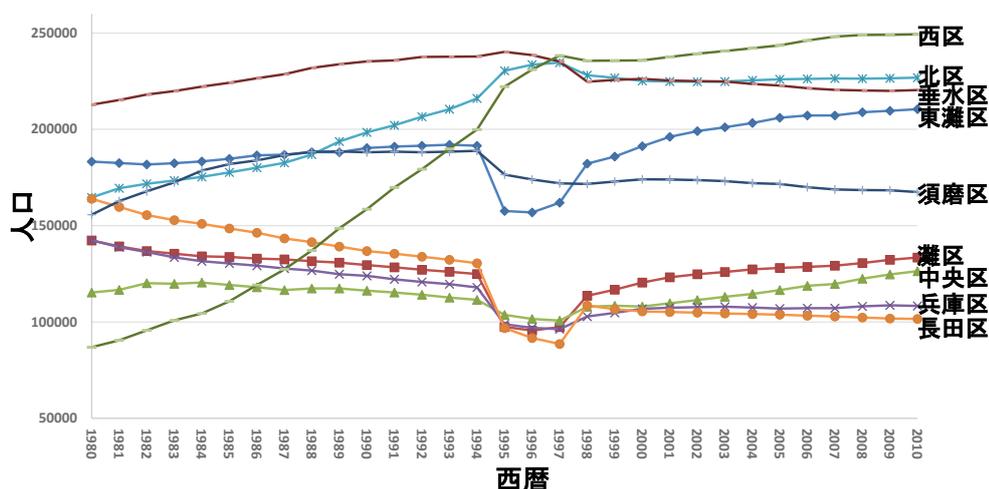


図 3-4 神戸市各区の人口推移 (人)

3.4.2 手法1における立地選択行動推定結果

CUEモデルにおける立地選択推定精度の検証として、手法1では、分散パラメータ： θ と調整項： τ_i の設定を以下の手順により実施する。

- ① 基準年 t (1980年)の分散パラメータを1として立地選択確率の推測値と実測値 \hat{p}_i^t が合致するように、 t 年の調整項 τ_i^t をキャリブレーションにより決定する。
- ② 基準年 t (1980年)の調整項 τ_i^t を t 年以降の年 t' の調整項 $\tau_i^{t'}$ に代入し、以下に示す式(3-12)における誤差 ε が最小の値を取るように t' 年のデータの分散パラメータ $\theta^{t'}$ を推定する。

$$\varepsilon = \sum_i (\hat{p}_i^{t'} - P_i^{t'}(\tau_i^t))^2 \quad (3-12)$$

τ_i^t ： t 年の調整項， $P_i^{t'}$ ： t' 年の立地選択確率， $\hat{p}_i^{t'}$ ： t' 年の国勢調査から求めた立地選択確率（実測値）。

即ち、基準年の調整項 τ_i^{1980} は1985年、1990年、1995年、2000年、2005年、2010年において共通の値を用い、分散パラメータのみ各推定期間に応じて導出する。本推定手法の概念図を図3-4に示す。

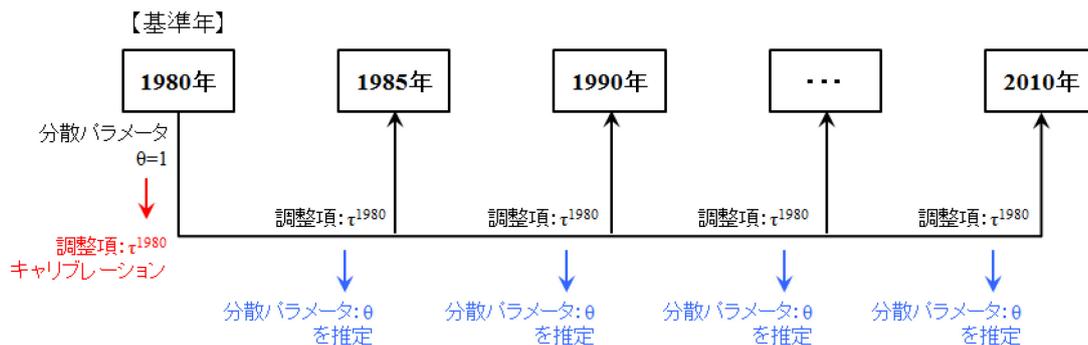
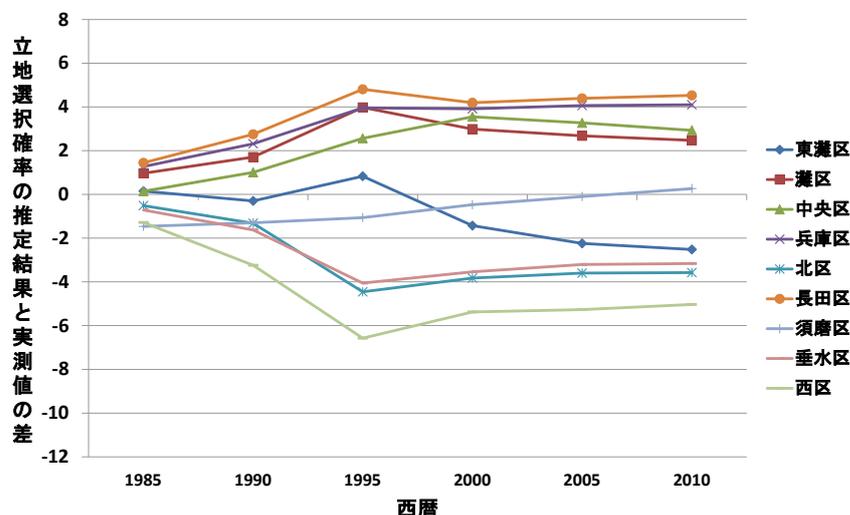


図 3-4 手法 1 における推定手法の概念図

図 3-5 に手法 1 による推定結果を示す。本手法による推定結果と図 3-3 の従来 CUE モデルの推定結果を比較すると、基準年（1980 年）より長期の推定になる程、西区の現況再現性は改善されるが、他の区ではほとんど変化しないか、もしくは悪化している。これは、本手法では誤差の二乗和の合計が最小となるように分散パラメータを推定する為、最も現況再現性の低い西区の推測値の改善が優先された結果であると考えられる。この為、分散パラメータの推定結果についても長期の推定になる程 1 から小さくなり、最終的に 2010 年の分散パラメータの値は 0 となる。これは、立地選択確率の推定値と実測値との差が大きい時、分散パラメータの値が 0 のときに式(3-12)が最小値となるからである。



推定期間 (基準年 - 推定年)	'80-'85	'80-'90	'80-'95	'80-'00	'80-'05	'80-'10
分散パラメータ : θ	0.929	0.729	0.396	0.119	0.069	0.000
相関係数 : R	0.915	0.675	0.220	0.079	0.047	0.000

図 3-5 手法 1 における立地選択確率の推定結果と実測値の差

以上の結果から、分散パラメータのみ各推定年度毎に推定する手法 1 では、立地選択モデルの時間移転可能性の確保は難しく、立地選択行動の推定精度を長期に至るまで維持する事は難しいと考えられる。

3.4.3 手法 2 における立地選択行動推定結果

CUE モデルにおける立地選択推定精度の検証として、手法 2 では、分散パラメータ： θ と調整項： τ_i の設定を以下の手順により実施する。

- ① 基準年 $t-5$ における分散パラメータの値を 1 とし、立地選択確率の推測値 P_i^{t-5} と実測値 \hat{P}_i^{t-5} が合致するように $t-5$ 年の調整項 τ_i^{t-5} をキャリブレーションにより決定する。
- ② $t-5$ 年の調整項 τ_i^{t-5} を t 年の調整項 τ_i^t に代入する。代入した後、5 年間隔で推定する場合は、以下に示す式(3-13)における誤差 ε が最小の値を取るように θ^t を推定する。

$$\varepsilon = \sum_i (\hat{P}_i^t - P_i^t(\tau_i^{t-5}))^2 \quad (3-13)$$

τ_i^{t-5} : $t-5$ 年の調整項, P_i^{t-5} : $t-5$ 年の立地選択確率, \hat{P}_i^{t-5} : $t-5$ 年の国勢調査から求めた立地選択確率 (実測値)。

このとき $t=1985, 1990, \dots, 2010$ である。即ち、本手法では調整項と分散パラメータが 5 年毎に導出される。本推定手法の概念図を図 3-6 に示す。

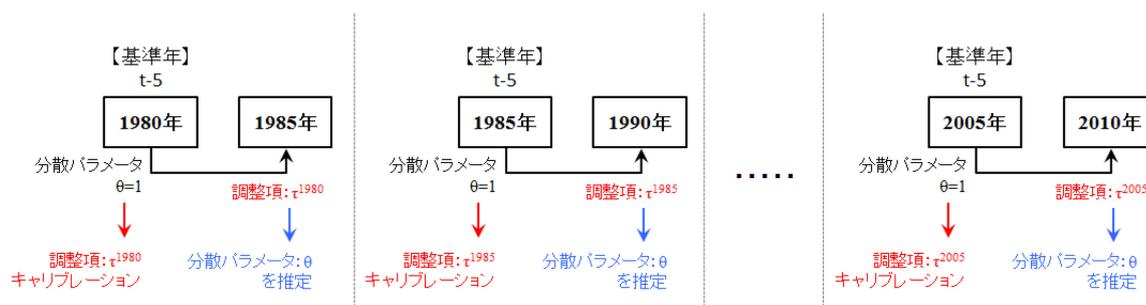
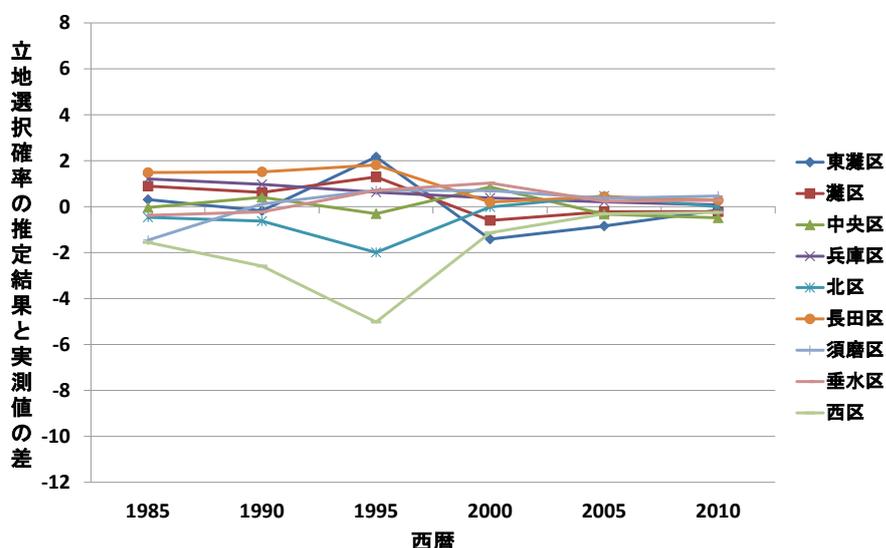


図 3-6 手法 2 における推定手法の概念図

手法 2 を用いた推定結果を図 3-7 に示す。本手法による推定結果と図 3-3 の従来 CUE モデルの推定結果を比較すると、立地選択行動の推定は短期から長期に至るまで実測値との高い整合性が維持され、その相関係数は 0.9 以上を示した。これは、従来手法と手法 1 では基準年の一時点で導出していた調整項を、手法 2 において 5 年毎に導出することにより、調整項が時間変化を正確に捉えた事が大きな要因であると考えられる。これにより、分散パラメータの値も 1990 年～2000 年を除き 1 付近の値を示した。尚、

1990年～2000年の推定精度が他に期間に比べ劣る理由として、阪神大震災の影響が考えられる。これは、本検証で設定した5年という年月では、各土地の魅力度は大きく変化しない事が理由として考えられる。

一方、1980年～1985年の推定結果に目を向けると、従来の推定手法（図3-3）の同時期に対して、相関係数が僅かに劣る結果を得た。これは前節で述べた通り、各地域の誤差の二乗和の合計を最小であるものの、推定の過程で現況再現性の低い西区の改善が優先された為である。しかしながら、その差は相関係数として0.002と僅かであり、推定精度の優劣に影響を与える差ではなく、同期間における従来手法と手法2の推定精度は同等であると言える。



推定期間 (基準年 - 推定年)	'80-'85	'85-'90	'90-'95	'95-'00	'00-'05	'05-'10
分散パラメータ： θ	0.929	0.950	1.291	0.868	0.958	0.989
相関係数：R	0.915	0.906	0.855	0.973	0.993	0.996

図3-7 手法2における立地選択確率の推定結果（5年間隔）と実測値の差

以上の結果から、分散パラメータと調整項を各推定年度毎に推定する手法2では、立地選択モデルの時間移転性は確保され、立地選択行動の推定精度を長期に至るまで維持する事ができるという、木暮ら¹²⁾の既往研究と同様の結果が得られる事を確認した。また、本研究での新たな知見として、立地選択行動の推定精度に対して、調整項が大きな影響を与えるという結果を得た。

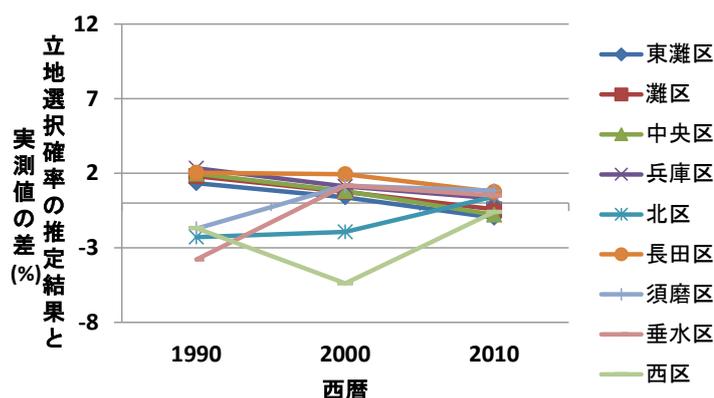
3.4.4 手法2の拡張：分析期間に応じた感度分析

手法2を用いた推定結果に関して、分析期間を変えたときの感度分析を行う。具体的には、分析期間を10年間隔（基準年を $t-10$ ($t=1990, 2000, 2010$)), 1年間隔（基準年を $t-1$ ($t=1981, 1982, \dots, 2010$))とした場合について検証を行う。ここで、分析期間が10年間隔となる場合は、以下に示す式(3-14)における誤差 ε が最小の値を取るように θ' を推定する。分析期間が1年間隔となる場合は、以下に示す式(3-15)における誤差 ε が最小の値を取るように θ' を推定する。

$$\varepsilon = \sum_i (\hat{p}_i^t - P_i^t(\tau_i^{t-10}))^2 \quad (3-14)$$

$$\varepsilon = \sum_i (\hat{p}_i^t - P_i^t(\tau_i^{t-1}))^2 \quad (3-15)$$

図3-8に分析期間を10年とした場合の結果を示す。分析の結果、推定した3期間（10年単位）のうち、1990年以降の2期間において高い推定精度が得られる結果を得た。これは、神戸市の人口移動の変遷として、1980年～1990年にかけて、西区を中心として各区の人口移動が多く発生した事により、各ゾーンの立地選択確率が大きく変化した為である。本分析の様に、10年単位での調整項と分散パラメータの導出ではこれらの時間変化を十分に反映できず、結果として立地選択行動の推定精度の低下に繋がる。従い、分散パラメータの値も1から大きく変化した結果となる。一方、比較的人口移動が安定している1990年～2010年では高い推定精度を確保可能であり、分散パラメータの値も1から大きく変化しない結果を得た。

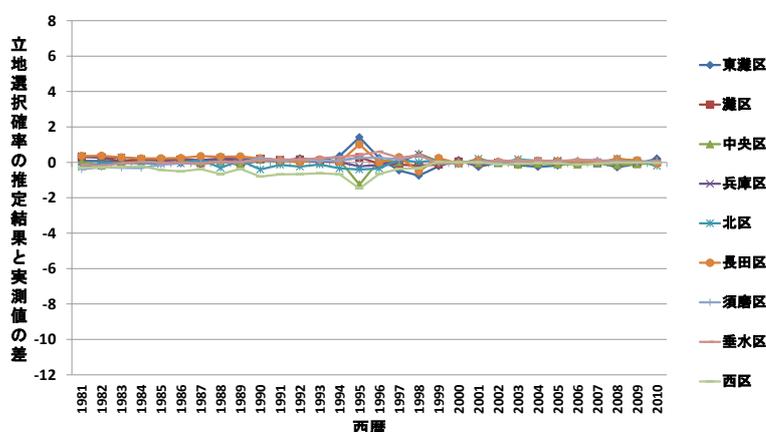


推定期間 (基準年 - 推定年)	'80-'90	'90-'00	'00-'10
分散パラメータ： θ	0.332	1.054	0.940
相関係数： R	0.534	0.795	0.982

図 3-8 手法2における立地選択確率の推定結果（10年間隔）と実測値の差

図3-9に分析期間を1年とした場合の結果を示す。尚、図中の表は、5年毎の分散パラメータと相関係数を示している。結果、短期から長期に至るまで高い推定精度を維持する結果を得た。これは、1年という短期間では地域間の人口移動（立地選択確率）の変化は小さい事、調整項や分散パラメータが時間変化を反映可能であり高い推定が可能である事、などが要因として考えられる。

また、図 3-10 に各年の分散パラメータの導出結果を示す。1995 年と 1998 年を除く期間は 0.9~1.1 の間に分散パラメータが位置するという結果を得た。尚、1995 年は阪神淡路大震災の影響、1998 年は阪神淡路大震災から続いた仮設住宅での生活からの解放に伴う人口移動が行われた為、分散パラメータの変化が大きくなったと考えられる。



推定期間 (基準年 - 推定年)	'84-'85	'89-'90	'94-'95	'99-'00	'04-'05	'09-'10
分散パラメータ： θ	1.002	1.010	1.319	1.006	0.991	1.022
相関係数： R	0.997	0.992	0.975	0.999	0.999	0.999

図 3-9 手法 2 における立地選択確率の推定結果（1 年間隔）と実測値の差

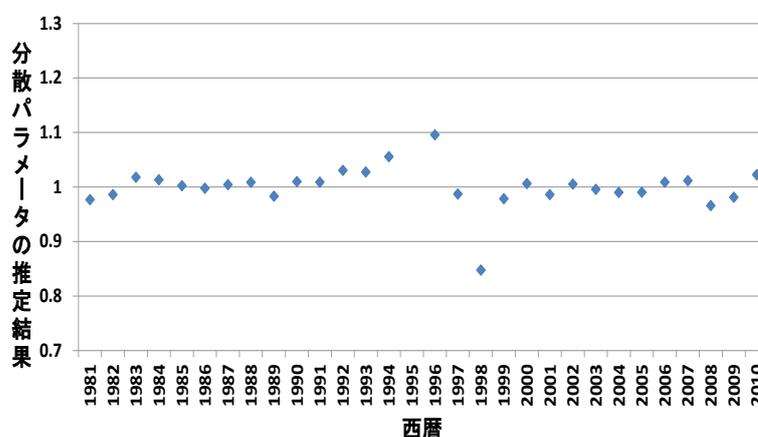


図 3-10 分散パラメータの推定結果（1 年間隔）

以上の結果、表3-4に示す通りモデル構築年と予測対象年の間隔を短くする程、分散パラメータの値は安定的に1に近づく。即ち、このような条件下においては、分散パラメータを予め1に設定しても、一定の信頼性を確保可能であると考えられる。

表 3-4 手法2による分散パラメータの推定結果の平均値

分析期間	1年間隔	5年間隔	10年間隔
分散パラメータ： θ の平均値	1.010	0.940	0.775

3.4.5 分析結果のまとめ

3.4節では、従来のCUEモデルにおける立地選択行動の分析手法の課題を明確にするため、神戸市を対象とした実証分析を行った。その結果、より遠い将来の立地選択行動を予測する場合に推定結果の精度が著しく低下するという結果を得た。一方、上述の要因を特定する為、2種類の検証を実施した。

手法1を用いた結果、従来の方法と比較して立地選択確率の推定精度の向上は限定的である結果を得た。これは、分散パラメータのみ時間変化を反映しても、立地選択モデルの時間移転性を確保する事が難しく、その推定精度改善に与える効果は少ない事を意味する。

次に手法2を用いた結果、従来手法と比較し立地選択行動は高い推定精度得られ、その要因として調整項が大きく影響する事が示された。これは、立地選択モデルにおいて、所得・トリップ費用・地代により計算される間接効用に比べて実際の人口分布から計算される調整項： τ の方が優位に働くためであると考えられる。また、分析期間に応じて感度分析を行った結果、表3-4に示す通り、モデル構築年と予測対象年の間隔を短くする程、分散パラメータ： θ の値は安定的に1に近づく傾向を確認した。一方、モデル構築年と予測対象年の間隔が長くなる程、分散パラメータ： θ は1から外れる。これは調整項： τ が時間的経年変化を持つ事を意味している。CUEモデルでは、調整項： τ はゾーン固有の魅力度として立地選択モデルに組み込まれている。ゾーン固有の魅力度は時代によって変化し長い年月が経てば大きく変化すると考えられる。また、震災などのイベントが土地利用に与える影響は大きく阪神淡路大震災が発生した1995年の推定結果精度が低いのは、震災によってゾーン固有の魅力度が短期的に大きく変化したためであると考えられる。

以上より、本章の神戸市を対象とした立地選択行動の事後評価を通じて得た、従来のCUEモデルの立地選択行動に関する知見について、次の通り纏める。

- A) ロジットモデル内の調整項： τ が立地選択行動の推定に大きな影響を与える。
- B) 短期的な立地選択行動を推定する場合は、分散パラメータ： θ を1と設定しても信頼度の高い立地選択行動推定結果を得る。
- C) 長期的な立地選択行動を推定する場合は、時間的経年変化に応じて、調整項： τ と分散パラメータ： θ を推定する必要がある。

3.4.6 立地選択行動モデルの課題と今後のアプローチ

前節までの検討において、現状のCUEモデルの立地選択行動の推定における、分散パラメータ： θ と調整項： τ の位置づけについて明らかにした。結果、立地選択行動の推定にロジットモデル内の調整項： τ が大きな影響を与える事が明らかになった一方、潜在的な課題として、現段階において調整項： τ の具体的意味合いについて理論的に特定できていない為、時間的経年変化との因果関係を特定できない事が挙げられる。

CUEモデルの立地選択モデルにおいて、ロジットモデル内の調整項： τ は地域固有の魅力を示す因子とされている。この様な、地域の魅力を示す因子としては、都市アメニティが挙げられる。都市アメニティとは、地域固有の環境要素・地理要素を指し、地域に属する家計や企業に利得あるいは損失を与えるものである¹⁴⁾。過去より、主体の立地選択行動は地代・トリップ費用のみではなく、アメニティの影響も受けるとの考えの下、Roback¹⁵⁾などにより、研究が行われている。

したがって、地代・トリップ費用・アメニティとの因果関係の明確にした上で、従来のCUEモデルの理論フレームに代表的なアメニティ指標の導入を試みる事が、CUEモデルの立地選択行動の推定精度を向上させるアプローチの一つとして考えられる。

3.5 結言

本章では、神戸市の発展経緯を対象とした事後評価を通じて、従来の CUE モデルの立地選択行動の推定精度について、短期的な視点と長期的な視点から評価を行うと共に、立地選択行動に大きな影響を与える因子として想定されていた、分散パラメータ： θ と調整項： τ の関係性・影響度について評価を行った。

結果、短期的・長期的な推定の何れにおいても、調整項： τ が立地選択行動の推定に大きな影響を与えるという結果を得た。一方、短期的な立地選択行動の推定においては、従来の CUE モデルの枠組みにより一定の推定精度を有する事を確認する一方、長期の推定においては、分散パラメータ： θ と調整項： τ ともに、時間移転性を考慮する必要があるという結果を得た。

次節では、本検証で立地選択行動の推定精度への影響度が大きい事が明らかとなった調整項： τ の構成要因の分析に取り組むと共に、本検証では不変の前提条件とした、立地選択モデルの間接効用関数の理論式のパラメータの位置づけにも着目し、立地選択行動の推定精度の改善に向けた方向性を検討の深掘りに取り組む。

参考文献

- 1) 小池淳司：応用都市経済モデル（土地利用・交通モデル）の理論展開と実用化，日本都市計画学会，都市計画：City planning review, 66(2), pp38-pp41, 2017
- 2) Anas, A.: *Residential Location Markets and Urban Transportation*, Academic Press, 1982
- 3) 堤盛人，山崎清，小池淳司，瀬谷創：応用都市経済モデルの課題と展望，土木学会論文集，Vol. 68, No. 4, pp. 344-pp357, 2012.
- 4) 宮城俊彦，小川俊幸：共役性理論を基礎とした交通配分モデルについて，土木計画学研究・講演集，No. 7, pp. 301-pp308, 1985.
- 5) 林良嗣，富田安夫：マイクロシミュレーションとランダム効用モデルを応用した世帯のライフサイクル-住宅地-人口属性構成予測モデル，土木学会論文集，No. 395/IV-9, pp. 85-pp94, 1988.
- 6) 富田安夫，寺嶋大輔：最適な都市構造実現のための土地利用・住宅・交通政策のパッケージ化手法，第28回土木計画学研究発表会・講演集，2003.
- 7) 杉木直，宮本和明：土地利用マイクロシミュレーションモデルにおける空間集計・主体集計の影響分析，第28回土木計画学研究発表会・講演集，No. 28, 2003.
- 8) 大森貴仁，高木朗義，秋山孝正：ファジィ推論を用いた都市政策評価のための立地均衡モデルの構築，土木計画学・論文集，Vol. 21, pp 255-pp264, 2004.
- 9) 森地茂，屋井鉄雄，田村亨：非集計交通手段選択モデルの地域間移転可能性，土木学会論文集，第359号/IV-3, pp. 107-115, 1985.
- 10) 原田昇，大田勝敏：非集計ロジットモデルの適用性に関する研究—通勤交通手段選択の場合—，交通工学，Vol. 17, No. 2, pp. 15-23, 1982.
- 11) 三古展弘，森川高行：非集計交通手段選択モデルにおける修正された選択肢固有定数項の時間移転性，都市計画別冊都市計画論文集，No. 39, pp. 511-516, 2004.
- 12) 木暮俊之，杉田浩，谷下雅義，鹿島茂：3時点データを用いた土地利用・交通施策評価モデルの時間移転可能性に関する研究，土木計画学論文集，Vol. 23, No. 1, 2006.
- 13) 山崎清，武藤慎一：開発・誘発交通を考慮した道路整備効果の分析，運輸政策研究，Vol. 11, No. 2, pp. 14-25, 2008.
- 14) 中野英夫：賃金およびレントと都市のアメニティ，住宅土地経済 1992年秋季号，1992
- 15) Roback, J.: Wages, rents, and the quality of life, *Journal of Political Economy*, Vol. 90, No. 6, 1982.

第4章 CUE モデルにおける立地均衡の実証性検証

4.1 緒言

本研究における CUE モデルの課題の一つである、「CUE モデルの立地選択行動の推定精度向上」に対し、前章では立地選択行動の推定に用いるロジットモデルに着目し、神戸市の発展経緯を対象とした事後評価を行った結果、ロジットモデルを構成する分散パラメータ： θ は推定する期間に応じて設定する必要がある事、調整項： τ は推定期間に係わらず立地選択行動の推定結果に大きな影響を与えるという結論を得た。

ここで、改めて CUE モデルにおける立地選択行動の理論式に立ち戻って考えてみる。前章までに示した通り、CUE モデルにおける家計の立地選択行動の推定は、式(4-1)の間接効用関数と式(4-2)のロジットモデルにより定められる。

$$V_i^H = \ln(I_i) - \alpha_x \ln(q_i^H) - \alpha_l \ln(r_i^H) + C \quad (4-1)$$

$$\text{ただし, } C = \alpha_z \ln(\alpha_z) + \alpha_x \ln(\alpha_x) + \alpha_l \ln(\alpha_l)$$

$$P_i^H = \frac{\exp\{\theta^H \cdot (V_i^H + \tau_i^H)\}}{\sum_i \exp\{\theta^H \cdot (V_i^H + \tau_i^H)\}} \quad (4-2)$$

i ：ゾーンを表す添え字、 V_i^H ：ゾーン i の世帯の効用水準、 $\alpha_z, \alpha_x, \alpha_l$ ：支出配分パラメータ ($\alpha_z + \alpha_x + \alpha_l = 1$)、 q_i^H ：私事トリップの一般化価格、 r_i^H ：ゾーン i の地代量、 I ：総所得、 P_i^H ：立地選択確率、 θ^H ：分散パラメータ、 τ_i^H ：調整項

式(4-1)で表される家計の間接効用関数の構造は線形支出体系であり、各財の所得に対する支出量はある一時点の経済統計データ等から一意に設定される、支出配分パラメータ： $\alpha_z, \alpha_x, \alpha_l$ により決定される事となる。即ち、立地選択行動の将来予測をする際に、ある一時点の経済統計データ等から設定された支出配分パラメータを設定している。この設定方法が立地選択行動の将来予測を行う上で、各財の支出量を正確に捉える事が出来るかという点については、十分に検証がされていないというのが現状である。また、立地選択行動は式(4-2)のロジットモデルにより規定されるが、間接効用関数： V_i^H のみでは立地状況（人口分布）の現況再現が困難である事から、調整項： τ_i^H をキャリブレーションする事により現況再現性を高めており、結果的に前述の通り、調整項は立地選択行動の推定結果に大きな影響を与える因子となっている。

ここで、図 4-1 に自治体より公開されている統計情報を基に、兵庫県的主要市・区における H17 年から H22 年にかけての人口と地価の変化率を図示した結果を記す（尚、人

口変化は自然的人口変化を除く、社会的人口変化のみを用いている)。第一象限は人口・地価共に増加、第二象限は人口増加・地価減少、第三象限は人口・地価共に減少、第四象限は人口減少・地価増加を示しており、多くの地域が第一象限と第三象限に位置する傾向が伺える。当然ながら、本図は需要と供給がバランスした結果として観察されたものであり、それぞれが因果関係を有した結果である為、正当な観察結果であると言える。しかしながら、式(4-1)に示す CUE モデルにおける間接効用関数の直接的な解釈からすると、地価の減少は地域に対する効用を上昇させる事を意味する為、人口を増加させる効果を得る。また、地価の上昇は地域に対する効用を減少させることを意味し、人口減少を促進させる効果を得る。即ち、第二象限と第四象限を意味していると捉えられ、地価の上昇に伴い人口が増加するといった第一象限に該当する人口誘引効果は観察できない。以上を考慮すると、図 4-1 の観察結果の要因は、居住地などの供給要因が大きく影響していると考えられ、その他にも地域価値・ブランドに代表される地域特有の魅力を起因とした人口誘引効果、所謂、外部性が影響を与えている可能性も考えられる。しかしながら、現在の CUE モデルでは上述の要因は明示的に記されておらず、かつ、外部性の効果等は立地選択モデルの調整項に集約されている可能性も考えられる。

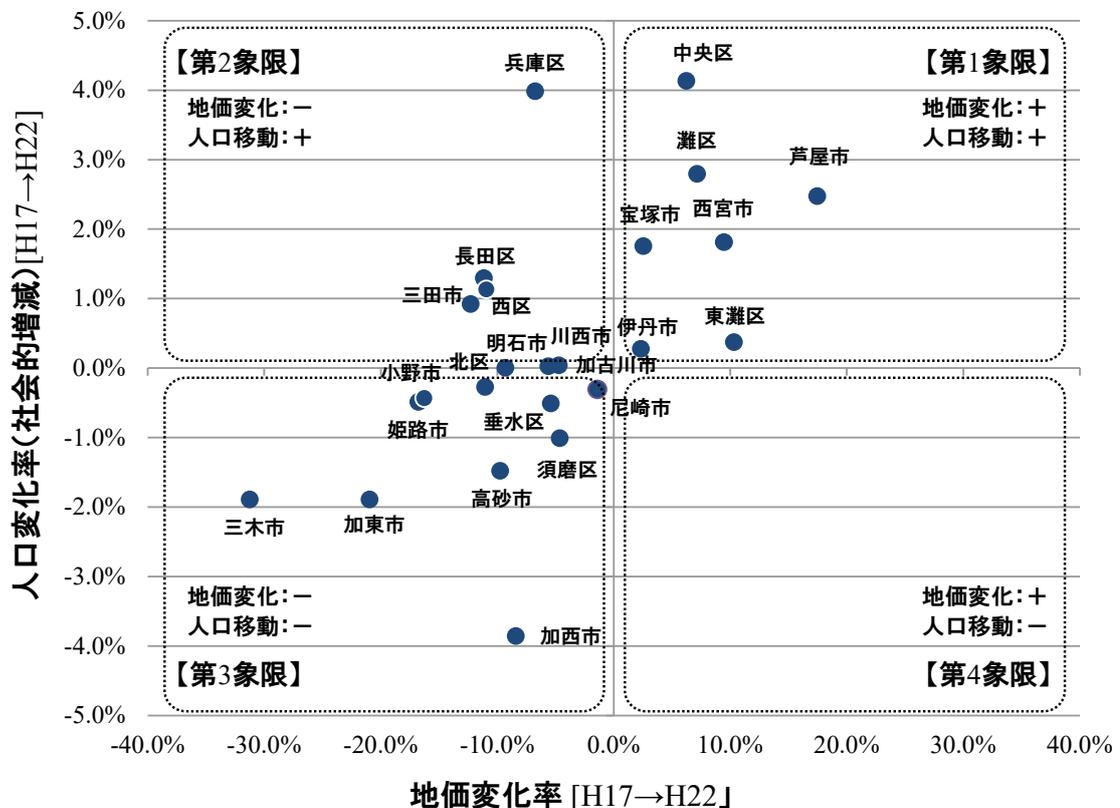


図 4-1 兵庫県主要都市における人口変化率と地価変化率【H17年→H22年】

この様に、これらは LUTI モデルの実用型モデルとして多くの実績を有する CUE モデルの改善余地を示すものであると共に、ロジットモデルを立地選択行動予測へ適用した際の信頼性検証の不十分さを示していると考えられ、交通施策導入による都市の持続的な成長を CUE モデルにより高い信頼性の下で評価する為に、改善すべき重要な課題である。そこで、本章では CUE モデルの立地選択行動の推定精度向上を達成する為に、前章に引続き、以下の二つの着目点に対して CUE モデルの理論的側面からの実証性検証を行う。

- 線形支出体系である間接効用関数： V_i^H の実証性検証。即ち、間接効用関数の各財の支出量を定める支出配分パラメータ： $\alpha_z, \alpha_x, \alpha_l$ の設定方法の検証。
- 立地選択行動の推定結果に大きな影響を与える調整項： τ_i^H の構成因子の検証。

具体的には、兵庫県南部地域を対象とした立地選択行動の事後評価を通じて、上記着目点の検証を行う事により、CUE モデルの立地選択行動の推定精度向上に向けた改善の方向性について検討を行う。

4.2 CUE モデルの立地選択行動モデルに関する既往研究のレビュー

家計の立地選択行動は式(4-2)の立地選択確率により決定され、間接効用関数と調整項から構成される。間接効用関数の構成は式(4-1)の通り、家計の総所得に対してトリップ費用と地代が外生的に定められた支出配分パラメータの比率によって固定的に消費される事を表している。しかしながら、既往研究において各価格に対する明確な定義がなされていない。

例えば、山崎・武藤¹⁾や山崎・上田・岩上²⁾は、総所得は利用可能時間（固定値）と通勤時間の差に、公的機関より開示された統計情報を基に導出した賃金率を乗じたものを設定、地代は公示地価と10年国債利回りから設定、トリップ費用は発生トリップベースの期待最小費用として設定している。また、支出配分パラメータは効用関数の最大化問題により導出される需要関数から最小二乗法により導出しているが、推定された支出配分パラメータを適用した間接効用関数による立地選択行動の現況再現性に関する記載は無く、当該手法の妥当性は明示されていない。

さらに、武藤・上田・高木・富田³⁾は、総所得を外生的に付与した賃金率と総利用可能時間により設定、地代を岐阜市統計書から設定、トリップ費用を発生トリップベースの一般化費用として設定しているが、これらも各価格の時間的整合性に関する記載は無い。また、支出配分パラメータの推定については、応用一般均衡理論で用いられる手法によるキャリブレーションを適用するとのみ記載されており、その詳細に関する言及はされていない。一方、導出された支出配分パラメータを適用した立地選択行動の現況再現性の確認はされており、高い相関係数が得られたとしている。

ここで、上述した代表的な既往研究において、間接効用関数を構成する各価格単位に着目すると、所得： I_i は年あたりの価格：円／年、交通費用： q_i はトリップあたりの価格：円／トリップ、地代： r_i は年あたりの公示地価を基に導出した地代：円／年・ m^2 であり、所得・地代と交通費用は価格単位の意味決定期間が一致していない。また、支出配分パラメータの設定方法に着目すると、ある基準年におけるキャリブレーションにより導出する方法や、自治体が公表する一か月あたりの消費支出額の実績値を用いるなど、ある一時点の値により設定される。即ち、従来の間接効用関数は、意思決定の期間が不均一な価格単位を一時点で導出した支出配分パラメータを用いて導出している事となり、各価格の支出量を正確に捉えているかは不明瞭である。

以上のことから、従来のCUEモデルでは間接効用関数を構成する間接効用関数の設定の妥当性について検証は十分とは言い難い。従い、間接効用関数の理論的意味合いを踏まえた上で、立地選択行動の推定精度を検証する事が必要であると考えられる。

4.3 兵庫県南部地域を対象とした立地選択行動の実証性検証

前節までに示した CUE モデルの立地選択行動の推定精度向上に向けた課題・着目点に対し、本節では兵庫県南部地域を対象とした立地選択行動の実証検証を行うことにより、CUE モデルの立地選択モデルの改善の方向性について検討を行う。尚、第3章と同様に、検討対象を家計の立地選択行動とする事により検討の簡素化を行うと共に、CUE モデルの基本構造も同様とする。

4.3.1 検証目的と検証フローチャート

本節では、4.1 節にて示した、CUE モデルの立地選択行動の推定精度向上に向け、間接効用関数の支出配分パラメータとロジットモデルの調整項に係る課題・着目点の検証を行うことを目的に、図 4-2 に示す手順により検証を行う。

- STEP1：間接効用関数の支出配分パラメータの定義が不明瞭であるという課題に対して、異なる2つの支出配分パラメータの推定手法を提案し、従来の設定方法との比較検証を通じて、その妥当性を検証する。
- STEP2：間接効用関数のみでは立地選択行動を十分に説明できず調整項に大きく依存するという課題に対して、STEP1で算出した支出配分パラメータを用い、間接効用関数のみで立地選択行動を推定し、実際の立地選択数との現況再現性の評価を行う。本評価を通じて、立地選択行動の推定における誤差の主要因を把握し間接効用関数の構成の改善の必要性について考察を行う。
- STEP3：STEP1・STEP2の手順を踏まえて推定された調整項の主構成要因の明確化を目的に、地域の魅力を表す都市アメニティとの相関分析を行う。

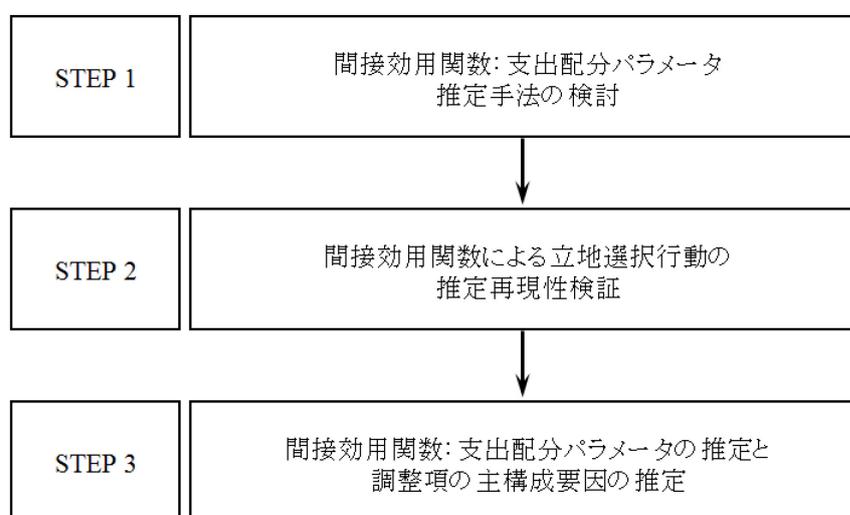


図 4-2 検証のフローチャート

4.3.2 検証の前提条件

本検証で対象とする立地選択行動は市・区レベルの居住地変更と定め、図 4-3 及び表 4-1 に示す、兵庫県南部地域に位置する合計 22 市・区とする。設定理由としては、後述する検証期間における立地選択行動を簡潔に評価すると共に、各種データセットが幅広く整備されている事が挙げられる。



図 4-3 検討対象エリア：兵庫県南部地域（地図検索サイト：Mapion に加筆）

表 4-1 検討対象エリア：兵庫県南部地域の市・区

神戸市 【9 区】	東灘区	灘区	中央区	兵庫区	北区
	長田区	須磨区	垂水区	西区	
神戸市周辺 【13 市】	尼崎市	伊丹市	川西市	宝塚市	西宮市
	芦屋市	明石市	三田市	三木市	小野市
	加古川市	高砂市	姫路市		

次に、今回実施する検証ケースについて記す。CUE モデルの適用シーンを考えた時、一つは自治体などが計画する交通整備の効果検証・予測が挙げられ、予測期間は短期・長期と違いはあるものの、基本としてある一時点の状況について予測を行う場合が挙げられる。一方、日本などの都市開発が進んだ地域においては、過去の交通整備・都市発展の要因分析として、過去と現在の変化に着目した二期間の評価に適用される場合も考えられる。この様に、CUE モデルの適用シーンが大きく 2 つに区分されるとい

う事に着目し、本検討では、図 4-4 に示す通り、H12 年・H17 年・H22 年の 10 年間を抽出し、各時点の『一時点の評価』と各年次間の『二期間の評価』について、合計 6 ケースの検証ケースの設定を行った。

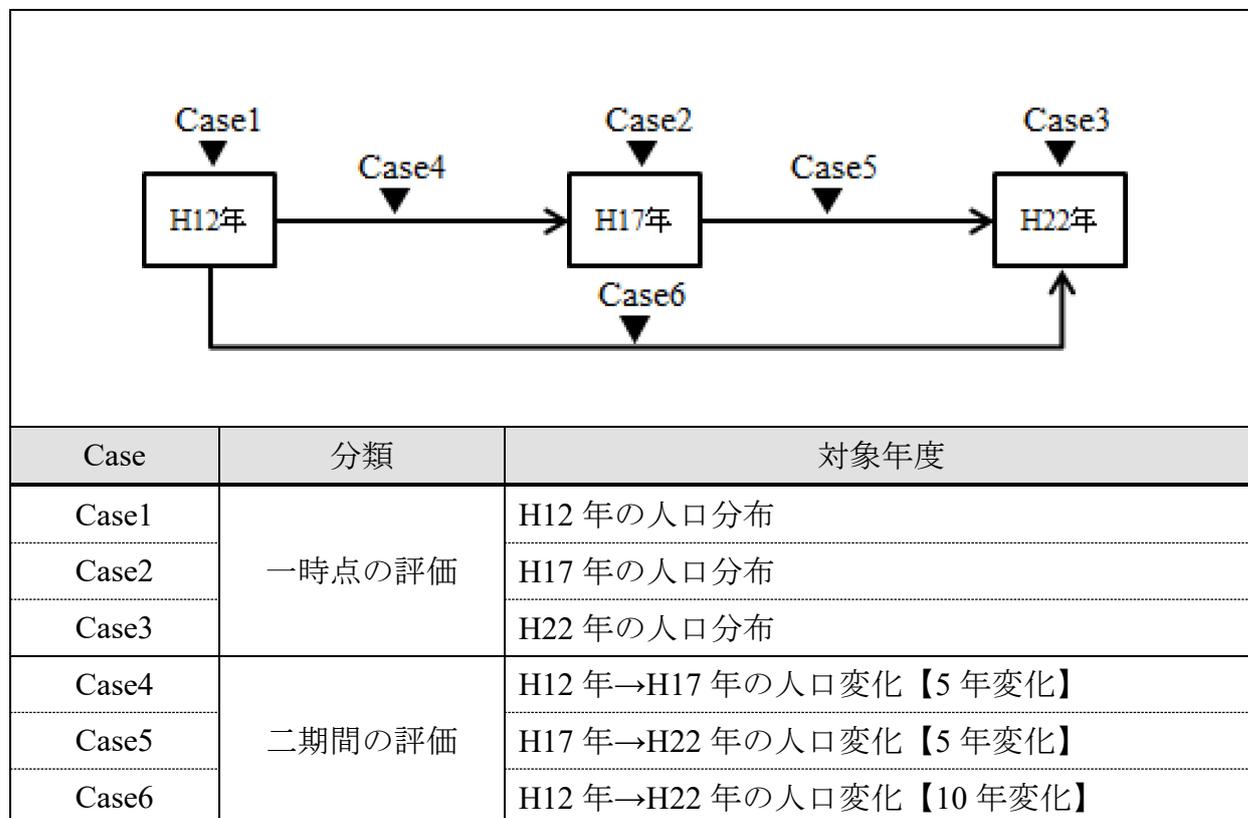


図 4-4 検証ケースの一覧

表 4-2 に本検証で用いる基礎データを示す。人口・所得・地代は自治体等の公開情報より設定を行っているが、人口と代表交通価格の設定について、以下に詳細に記す。

人口について、「一時点の評価」の場合は公開情報の各地域人口数が各時点の居住者数となるが、「二期間の評価」の場合は地域毎によって 2 期間における人口の増減が立地選択行動の評価対象となる。ここで、ロジットモデルによる立地選択確率を導出する際、人口の減少（負）地域については立地選択確率を導出できないという課題が生じる。そこで、本研究では、図 4-5 に示す通り、各地域の人口増減の状況を勘案した上で、基準年（H12 年／H17 年）における各地域の 10%の人口の総数が将来時点（H17 年／H22 年）において人口配分すると捉え、立地選択確率を導出する。尚、人口移動数は出生・死亡などの自然的人口増減を除く、社会的人口増減を用いて導出するものとする。

表 4-2 検証に用いるデータセット

間接効用関数の構成因子	内容
人口	総務省統計局の国勢調査より設定 (H22/H17/H12) 「二期間の評価」の場合は、基準年における各地域の10%の人口の総数が将来時点において人口配分すると捉え設定.
所得	兵庫県県民経済 一人あたりの市長民所得より設定 (H22/H17/H12)
代表交通価格	近畿圏パーソントリップ調査 (H22/H12) より、通勤目的の鉄道と自動車のトリップ数を加重とした地域毎の代表交通価格を設定. H17はH12とH22より按分して設定
地代	兵庫県統計書【県土・気象】住宅地の平均価格 (H22/H17/H12) と10年国債の利回り率から設定

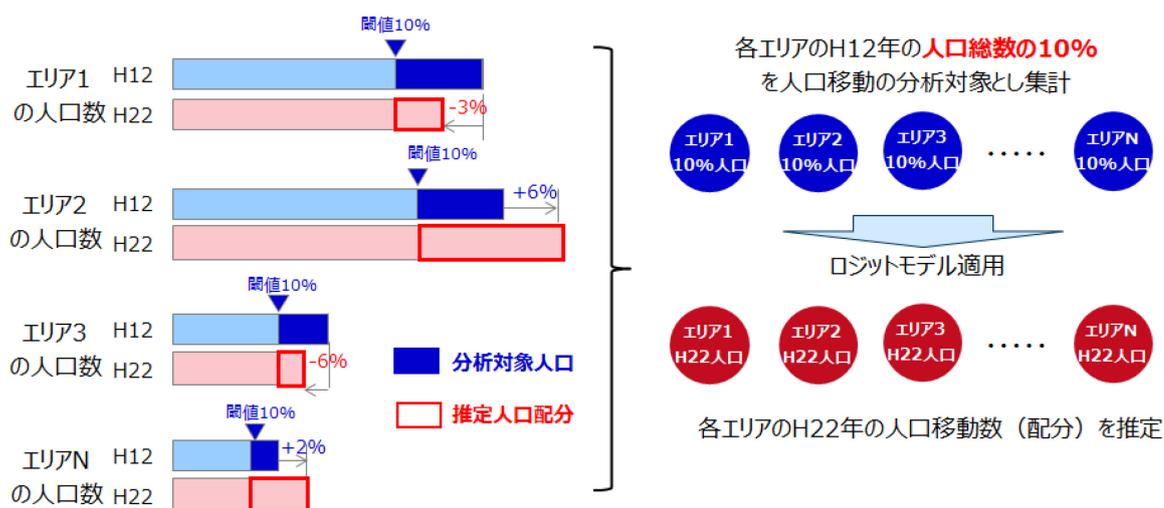


図 4-5 「二期間の評価」における人口移動数の設定方法

続いて、代表交通価格の設定方法について記す。代表交通価格は、近畿圏パーソントリップデータを用い、通勤目的の鉄道と自動車のトリップ数を加重とした地域毎の代表価格： \bar{q}_i として、式(4-3)から式(4-5)を用いて算出する。また、各地域間の所要時間・費用は、Google Mapの経路検索エンジンを用い各地域の市・区役所間を平日の午前7時30分に出発するという条件で抽出を行っている。尚、分析の対象とする各地域は大阪市への通勤目的移動も多い事から、移動目的地として大阪市も対象としている。

$$\bar{q}_i^r = \frac{\sum_j [D_j^r \cdot (t_{ij}^r \times 37.2) + P_{ij}^r]}{\sum_j D_j^r} \quad (4-3)$$

$$\bar{q}_i^c = \frac{\sum_j (D_j^c \times t_{ij}^c \times 37.2)}{\sum_j D_j^c} \quad (4-4)$$

$$\bar{q}_i = \frac{\sum_j D_j^r \times \bar{q}_i^r + \sum_j D_j^c \times \bar{q}_i^c}{\sum_j D_j^r + \sum_j D_j^c} \quad (4-5)$$

ここで、 \bar{q}_i^r ：地域 i の鉄道の代表価格、 \bar{q}_i^c ：地域 i の自動車の代表価格、 \bar{q}_i ：地域 i の鉄道+自動車の代表価格、 D_j^r ：地域 ij 間の鉄道の通勤トリップ数、 D_j^c ：地域 ij 間の自動車の通勤トリップ数、 P_{ij}^r ：地域 ij 間の鉄道の運賃、 t_{ij}^r ：地域 ij 間の鉄道の旅行時間、 t_{ij}^c ：地域 ij 間の自動車の旅行時間、時間価値：37.2 円/分。

4.3.3 間接効用関数の支出配分パラメータ推定手法の検証

4.3.3.1 検証の目的

CUE モデルにおける立地選択行動は式(4-1)の間接効用関数により理論的に説明されるが、課題の一つとして支出量を定める支出配分パラメータの定義が不明瞭であった。そこで、間接効用関数を構成する支出配分パラメータの推定手法として、新たに異なる2つの手法を提案し、従来の設定方法との比較から妥当性について検証を行う。

4.3.3.2 支出配分パラメータの推定方法

CUE モデルの支出配分パラメータの推定手法を検討するにあたり、CUE モデルで用いる基礎データが集計データである事を考慮する必要がある。即ち、非集計データのような大規模なデータを対象とした推定手法は、データの規模も異なる事から、信頼性の高い推定を行う事が困難となる。そこで、本検討では、集計データを基礎としているという事を前提とし、以下の2つの推定手法について検証を試みる。

- I. 最尤推定法による推定
- II. OLS (Ordinary Least Square) による推定

まず、「I. 最尤推定法による推定」では、Anas⁴⁾による手法を用いて、「一時点の評価」及び「二期間の評価」について、以下の式により間接効用関数の支出配分パラメータを推定する。

【一時点の評価：Case1～Case3】

$$V_i^t = \ln(I_i^t) - \alpha_x \ln(q_i^t) - \alpha_l \ln(r_i^t) \quad (4-4)$$

$$P_i^t = \frac{\exp(\theta \cdot V_i^t)}{\sum_i \exp(\theta \cdot V_i^t)} \quad (4-5)$$

$$L^* = \frac{\widehat{N}^{t!}}{\sum_i \widehat{N}_i^t} \cdot \sum_i (\widehat{N}_i^t \cdot \ln P_i^t) \quad (4-6)$$

ここで、 V_i^t ： t 年の地域 i の間接効用関数、 I_i^t ： t 年の地域 i の所得、 q_i^t ： t 年の地域 i の代表交通価格、 r_i^t ： t 年の地域 i の地代、 P_i^t ： t 年の地域 i の立地選択確率、 θ ：分散パラメータ ($\theta = 1$)、 \widehat{N}_i^t ： t 年の地域 i の居住者数【観測値】、 $\widehat{N}^{t!}$ ： t 年の全地域の居住者数の階乗【観測値】、 L^* ：尤度関数。

【二期間の変化：Case4～Case6】

$$V_i^{t1} = \ln(I_i^{t1}) - \alpha_x \ln(q_i^{t1}) - \alpha_l \ln(r_i^{t1}) \quad (4-7)$$

$$V_i^{t2} = \ln(I_i^{t2}) - \alpha_x \ln(q_i^{t2}) - \alpha_l \ln(r_i^{t2}) \quad (4-8)$$

$$P_i^{t2,t1} = \frac{\exp\{\theta(V_i^{t2} - V_i^{t1})\}}{\sum_i \exp\{\theta(V_i^{t2} - V_i^{t1})\}} \quad (4-9)$$

$$L^* = \frac{\Delta \widehat{N}^{t!}}{\sum_i \Delta \widehat{N}_i} \cdot \sum_i \{\Delta \widehat{N}_i' \cdot \ln(P_i^{t2,t1})\} \quad (4-10)$$

$$\Delta \widehat{N}_i' = \widehat{N}_i^{t2} - \widehat{N}_i^{t1} = \widehat{N}_i^{t1} \cdot \rho + \Delta \widehat{N}_i \quad (4-11)$$

ここで、 V_i^{t1} ：基準年 ($t1$) の地域 i の間接効用関数、 V_i^{t2} ：推定年 ($t2$) の地域 i の間接効用関数、 I_i^{t1} ：基準年 ($t1$) の地域 i の所得、 I_i^{t2} ：推定年 ($t2$) の地域 i の所得、 q_i^{t1} ：基準年 ($t1$) の地域 i の代表交通価格、 q_i^{t2} ：推定年 ($t2$) の地域 i の代表交通価格、 r_i^{t1} ：基準年 ($t1$) の地域 i の地代、 r_i^{t2} ：推定年 ($t2$) の地域 i の地代、 $P_i^{t2,t1}$ ：基準年 ($t1$) と推定年 ($t2$) の地域 i の立地選択確率【推定値】、 θ ：分散パラメータ ($\theta = 1$)、 $\widehat{N}_i^{t2} - \widehat{N}_i^{t1}$ ：基準年 ($t1$) と推定年 ($t2$) の地域 i の人口移動数【観測値】、 $\Delta \widehat{N}_i$ ：基準年 ($t1$) と推定年 ($t2$) の社会的人口移動数【観測値】、 ρ ：閾値、 $\Delta \widehat{N}^{t!}$ ：基準年 ($t1$) と推定年 ($t2$) の全地域居住者の移動数の階乗【観測値】、 L^* ：尤度関数。

続いて、Berkson-Theil 法として知られる「II. OLS (Ordinary Least Square) による推定」では、以下の式により間接効用関数の支出配分パラメータを推定する。

【一時点の評価：Case1～Case3】

本推定において、被説明因子を立地選択確率と間接効用関数の所得項で構成し、説明因子を間接効用関数の代表交通価格と地代としている。これは、ロジットモデルにおける分散パラメータ： θ の影響を排除する為であり、これにより分散パラメータ： θ は1と仮定する事が可能となる。また、各項は各因子の地域*i*の値と全地域の平均値の差分で構成され、OLSにより支出配分パラメータ： α_x, α_l を推定する。

$$V_i^t = \ln(I_i^t) - \alpha_x \ln(q_i^t) - \alpha_l \ln(r_i^t) \quad (4-12)$$

$$P_i^t = \frac{\exp(\theta \cdot V_i^t)}{\sum_i \exp(\theta \cdot V_i^t)} \quad (4-13)$$

$$\begin{aligned} \{\ln(\widehat{P}_i^t) - \ln(\widehat{P}_{avr}^t)\} - \{\ln(I_i^t) - \ln(I_{avr}^t)\} \\ = A_x \{\ln(q_i^t) - \ln(q_{avr}^t)\} + A_l \{\ln(r_i^t) - \ln(r_{avr}^t)\} + C \end{aligned} \quad (4-14)$$

$$\alpha_x = -A_x, \alpha_l = -A_l \quad (4-15)$$

ここで、 V_i^t ：*t*年の地域*i*の間接効用関数、 I_i^t ：*t*年の地域*i*の所得、 q_i^t ：*t*年の地域*i*の代表交通価格、 r_i^t ：*t*年の地域*i*の地代、 P_i^t ：*t*年の地域*i*の立地選択確率、 θ ：分散パラメータ ($\theta = 1$)、 \widehat{P}_i^t ：*t*年の地域*i*の立地選択確率（観測値）、 \widehat{P}_{avr}^t ：*t*年の立地選択確率の全地域平均値、 I_{avr}^t ：*t*年の所得の全地域平均値、 q_{avr}^t ：*t*年の代表交通価格の全地域平均値、 r_{avr}^t ：*t*年の地代の全地域平均値。

【二期間の変化：Case4～Case6】

二期間の変化においても、一時点の評価と同様の手法を用いて支出配分パラメータの推定を行う。但し、二期間の変化においては、予め式(4-20)から式(4-22)により、各因子における二期間の変化量を算出した上で、式(4-19)により支出配分パラメータの推定を行う。

$$V_i^{t1} = \ln(I_i^{t1}) - \alpha_x \ln(q_i^{t1}) - \alpha_l \ln(r_i^{t1}) \quad (4-16)$$

$$V_i^{t2} = \ln(I_i^{t2}) - \alpha_x \ln(q_i^{t2}) - \alpha_l \ln(r_i^{t2}) \quad (4-17)$$

$$P_i^{t2,t1} = \frac{\exp\{\theta(V_i^{t2} - V_i^{t1})\}}{\sum_i \exp(V_i^{t2} - V_i^{t1})} \quad (4-18)$$

$$\begin{aligned} & \{\ln(\widehat{\Delta P}_i) - \ln(\widehat{\Delta P}_{avr})\} - (\Delta I_i - \Delta I_{avr}) \\ & = A_x \cdot (\Delta q_i - \Delta q_{avr}) + A_l \cdot (\Delta r_i - \Delta r_{avr}) + C \end{aligned} \quad (4-19)$$

$$\Delta I_i = \{\ln(I_i^{t2}) - \ln(I_i^{t1})\} \quad (4-20)$$

$$\Delta q_i = \{\ln(q_i^{t2}) - \ln(q_i^{t1})\} \quad (4-21)$$

$$\Delta r_i = \{\ln(r_i^{t2}) - \ln(r_i^{t1})\} \quad (4-22)$$

$$\alpha_x = -A_x, \alpha_l = -A_l \quad (4-23)$$

ここで、 V_i^{t1} ：基準年（t1）の地域 i の間接効用関数、 V_i^{t2} ：推定年（t2）の地域 i の間接効用関数、 I_i^{t1} ：基準年（t1）の地域 i の所得、 I_i^{t2} ：推定年（t2）の地域 i の所得、 q_i^{t1} ：基準年（t1）の地域 i の代表交通価格、 q_i^{t2} ：推定年（t2）の地域 i の代表交通価格、 r_i^{t1} ：基準年（t1）の地域 i の地代、 r_i^{t2} ：推定年（t2）の地域 i の地代、 $P_i^{t2,t1}$ ：基準年（t1）と推定年（t2）の地域 i の立地選択確率【推定値】、 θ ：分散パラメータ（ $\theta = 1$ ）、 $\widehat{\Delta P}_i$ ：基準年（t1）と推定年（t2）の立地選択確率（観測値）の差、 $\widehat{\Delta P}_{avr}$ ： $\widehat{\Delta P}_i$ の全地域平均値、 ΔI_i ：基準年（t1）と推定年（t2）の所得の差、 ΔI_{avr} ： ΔI_i 全地域平均値、 Δq_i ：基準年（t1）と推定年（t2）の代表交通価格の差、 Δq_{avr} ： Δq_i 全地域平均値、 Δr_i ：基準年（t1）と推定年（t2）の地代の差、 Δr_{avr} ： Δr_i 全地域平均値。

4.3.3.3 支出配分パラメータの推定結果の比較

表4-3に異なる2つの手法で実施した支出配分パラメータの推定結果を記す。尚、従来のCUEモデルで用いる支出配分パラメータとして、兵庫県統計書【物価・家計】一ヵ月あたりの消費支出額（神戸市）より設定した値を比較対象として加え、推定値との比較検証を行った。結果、以下の特徴が得られた。

- ① 代表交通価格： α_x について、『従来の設定値』と比較し『最尤推定法による推定値』と『OLSによる推定値』は、評価ケースにより正負の符号は異なるものの、顕著に大きな値を示す。これは、交通施策導入による代表交通価格の変化の効果が、立地選択行動に与える影響が大きい事を示しており、『従来の設定値』を用いた評価において交通施策導入効果を過小評価もしくは過大評価している可能性を示すものである。
- ② 地代： α_l について、『従来の設定値』と比較し『最尤推定法による推定値』と『OLSによる推定値』は、共通的に負の値を得た。正の値を示す地代： α_l の解釈は、交通

施策導入によるある地域の地代上昇が家計の効用を押し下げる効果となり、当該地域への立地選択行動に対してネガティブの要素となる事を示している。一方、負の値を示す地代： α_l の解釈は、交通施策導入によりある地域の地代上昇が家計の効用を押し上げる効果となる。これは当該地域の地代の上昇と共に地域魅力度が上昇し、立地選択行動に対して吸引効果を示していると考えられる。

- ③ 『一時点の評価』と『二期間の評価』という観点から、『従来の設定値』では何れの設定値も近い値を示すが、『最尤推定法による推定値』と『OLSによる推定値』では、各時点における推定値に差が生じている。これは、意思決定の時期・期間における効用関数を構成する各因子の消費量の違いを表現していると考えられる。

以上の結果、本研究の一つ目の課題である、間接効用関数を構成する支出配分パラメータの設定方法として、『従来の設定値』では各因子の支出スケールを正確に表現できない可能性が示された。ここで、『最尤推定法』は比較的サンプルサイズが大きい大標本を対象とした場合に高い信頼度を有する推定結果が得られ、本分析の様な小標本の集計データを対象とした場合、推定結果が不安定になる可能性がある。無論、Anas⁴⁾のように居住地と通勤先ゾーンを区別し、地域数×地域数のサンプルサイズを確保すれば、最尤推定法は有力な選択肢になるが、実務で用いられているCUEモデルでは、交通量配分モデルとの連携を容易にするために居住地と通勤先ゾーンを区別しないことが多いため、OLSの方が適していると考えられる。以上より、以降の検討における支出配分パラメータの推定にはOLSを用いる事とする。

表 4-3 支出配分パラメータの推定結果

			従来の設定値【統計値利用】			最尤推定法による推定値			OLSによる推定値			
			代表交通価格	地代	定数項	代表交通価格	地代	定数項	代表交通価格	地代	定数項	
			α_x	α_l	C	α_x	α_l	C	α_x	α_l	C	
一時点の評価	Case1	H12年人口数	パラメータ	0.04	0.06	-	0.52	-0.14	-	-0.61	-0.33	0.00
		修正済尤度比決定係数	-	-	-	221.50	-120.20	-	0.90	1.10	0.00	
	Case2	H17年人口数	パラメータ	0.03	0.07	-	0.79	-0.09	-	-0.55	-0.24	-0.01
		修正済尤度比決定係数	-	-	-	314.20	-103.00	-	0.80	0.90	0.00	
	Case3	H22年人口数	パラメータ	0.03	0.05	-	1.30	-0.03	-	-0.25	-0.15	-0.05
		修正済尤度比決定係数	-	-	-	497.20	-45.50	-	0.30	0.70	-0.20	
二期間の評価	Case4	H17→H12人口移動数	パラメータ	0.03	0.07	-	7.17	-3.40	-	5.66	-3.34	-0.28
		修正済尤度比決定係数	-	-	-	118.10	-198.60	-	-1.10	2.10	-1.60	
	Case5	H17→H22人口移動数	パラメータ	0.03	0.05	-	8.22	-2.88	-	6.40	-3.12	-0.18
		修正済尤度比決定係数	-	-	-	109.10	-140.90	-	-1.10	2.10	-1.60	
	Case6	H12→H22人口移動数	パラメータ	0.03	0.05	-	4.89	-2.77	-	2.90	-3.47	-0.41
		修正済尤度比決定係数	-	-	-	141.70	-286.60	-	-0.90	3.30	-2.10	

4.3.4 間接効用関数による立地選択行動の再現性の検証

4.3.4.1 検証の目的

CUEモデルにおける立地選択行動は、式(4-1)の間接効用関数により理論的に説明されるが、CUEモデルが抱える二つ目の課題は、間接効用関数のみでは立地選択行動を十分に説明できず、結果的にロジットモデルの調整項に大きく依存している事であった。そこで、前節にて推定した支出配分パラメータを用い、間接効用関数のみで立地選択行動を推定し、実際の立地選択数との比較検証を行う。本結果を通じて、立地選択行動の推定における誤差の主要因を把握し間接効用関数の改善の方向性について考察を行う。

4.3.4.2 立地選択行動の推定結果

図4-6にCase1 (H12年) からCase3 (H22年) における、実際の立地選択数(観測値)と表4-3で推定した異なる3つの手法で算出した支出配分パラメータを基に、式(4-1)及び式(4-2)を用いて立地選択数を推定した結果を示す。

比較の結果、支出配分パラメータの推定方法により立地選択数に若干の差異はあるものの、3つの手法で算出した立地選択数と観測値の差異は大きく、基本的には間接効用関数のみでは実際の立地選択数を推定する事が難しいという結果を得た。具体的には、尼崎市・西宮市・明石市・姫路市の様な実際の立地数が多い地域では過小評価、芦屋市・三木市・小野市の様な実際の立地数の少ない地域では過大評価という結果を示しており、住宅供給量に係る地域で大きな差異が生じている。この事から、立地選択行動を理論的に説明する間接効用関数に、実際に立地選択行動を行う上で考慮される住宅の供給要因を含む事により、立地選択行動の推定精度を向上できる可能性が考えられる。尚、従来のCUEモデルによる立地選択行動の推定では、本要因はロジットモデルの調整項を構成する因子の一つとして吸収されており、推定の過程で明らかになっていない。調整項の従来の設定方法は前章でも示した通り、基準年におけるキャリブレーションにより一意に決定され、その後の将来予測においては固定値として扱われる。従い、基準年以降の将来時点の変化が考慮されず、立地選択推定の誤差要因となる。この事から、間接効用関数に住宅の供給要因を考慮する事は、CUEモデルの立地選択行動推定の精度向上という観点からも重要であると考えられる。

住宅の供給要因を表す指標としては複数の候補が挙げられるが、本研究では、情報が広く整備されており入手が容易であるという観点から、『可住地面積』を住宅の供給要因を代替する指標として選定し、間接効用関数に考慮する事とする。

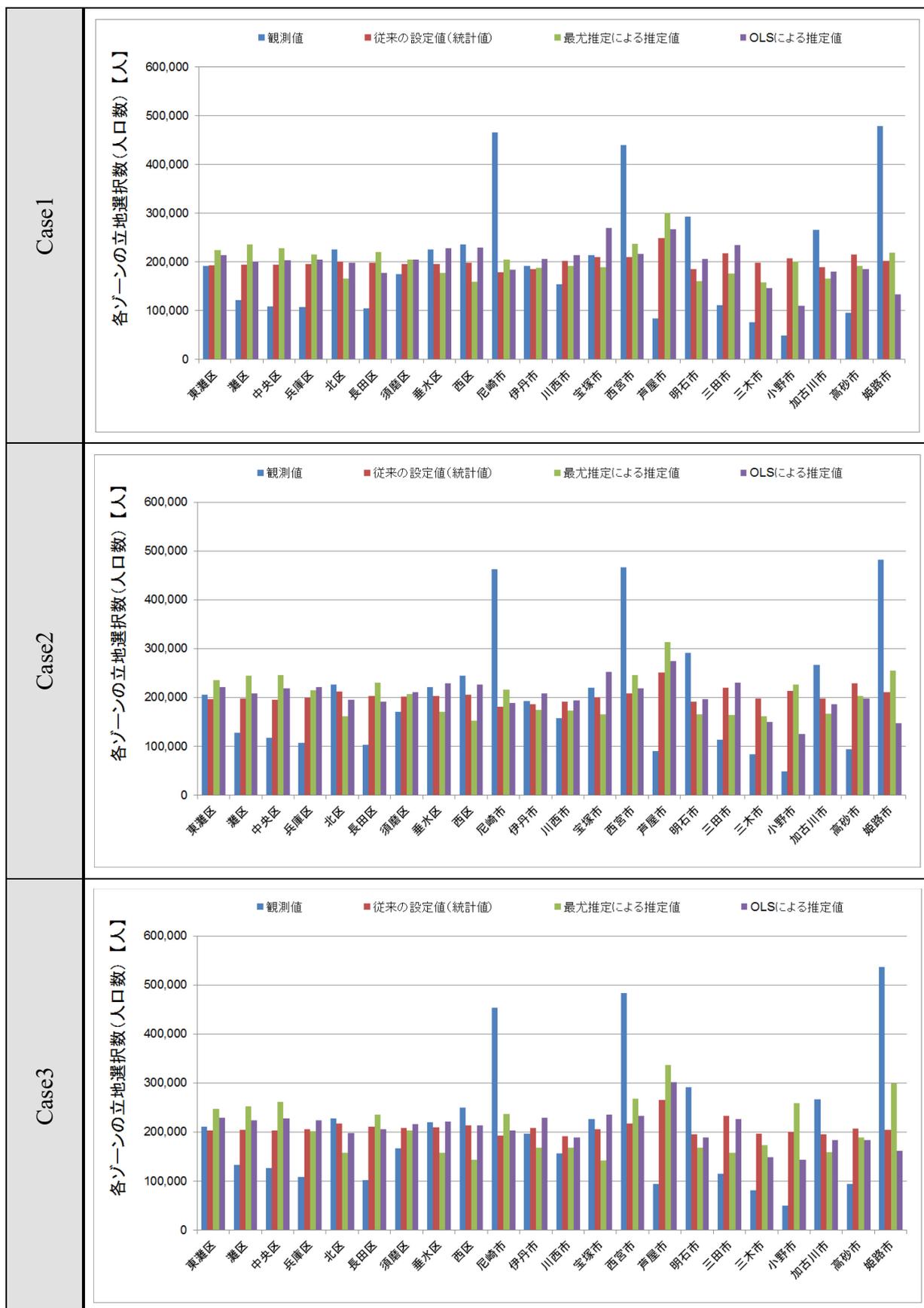


図 4-6 間接効用関数のみで推定した立地選択数の結果比較

ここで、本研究において、住宅の供給要因を代替する指標として選定した可住地面積と人口立地数の相関関係について記す。図 4-7 は、「一時点の評価」と「二期間の評価」の代表例として、Case1 と Case6 について記した結果である。

結果として、「一時点の評価」では、人口立地数と可住地面積は一定の相関関係を有するが、「二期間の評価」では、人口立地数の変化と可住地面積の変化の相関関係は低い結果となる。これは、可住地面積の変化が 10 年ほどの期間では非常に少ない事が要因であると考えられる。

以上の結果を踏まえた研究の方針として、可住地面積は「二期間の評価」において十分な相関関係は得られないものの、「一時点の評価」における相関性と両評価における条件の統一性を考慮し、「一時点の評価」と「二期間の評価」における住宅の供給要因を代替する指標として用いる方針とした。

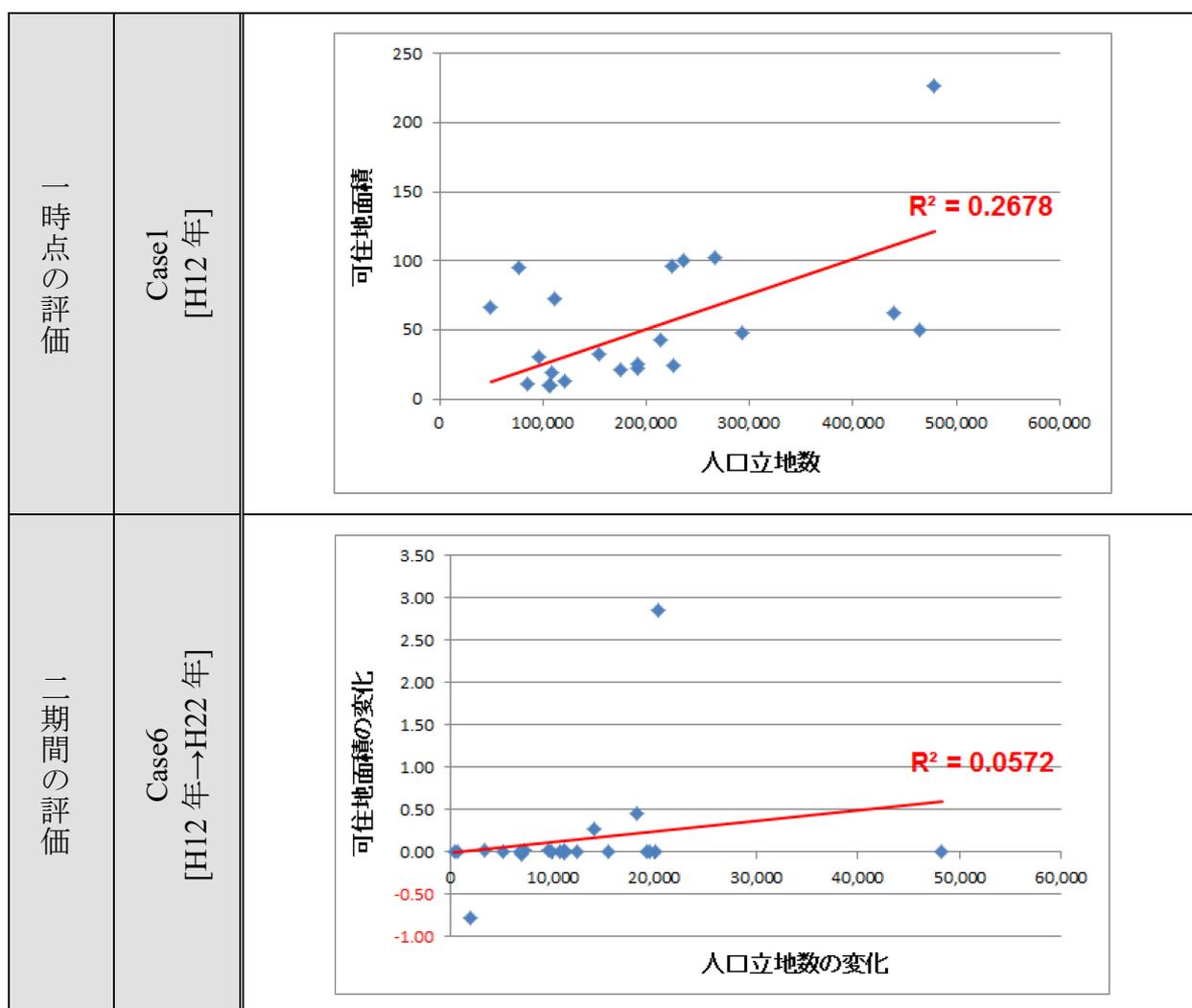


図 4-7 可住地面積と人口立地数（観測値）との相関関係

4.3.5 支出配分パラメータの推定と調整項の主構成要因の特定

4.3.5.1 検証目的

前節までの検証において、支出配分パラメータの推定に OLS を適用した上で間接効用関数に『可住地面積』を加えるという方向性について示した。本節では、上記を踏まえた上で、支出配分パラメータを再推定すると共に、間接効用関数のみでは説明できない立地選択行動の誤差要因を明確にする為に、調整項と都市アメニティとの相関分析を行う。本分析結果を通じて、従来の CUE モデルにおいて明確にされていなかった調整項の構成因子の特定を試みる。

4.3.5.2 検証方法

支出配分パラメータの推定と調整項の構成要因分析の検証を行うにあたり、本研究では2つのアプローチを行う。アプローチ1の「一体推定」では、間接効用関数の支出配分パラメータと調整項の構成要因の候補として選定した都市アメニティを同時に推定している。一方、アプローチ2の「段階推定」では、間接効用関数の支出配分パラメータを推定した後、本推定結果を基に算出した立地選択数の推定値と観測値（実測値）との残差に対して都市アメニティとの相関分析を行うものである。

本検証では、異なる2つのアプローチを通じて、支出配分パラメータの推定と調整項の構成要因分析の検証を行うと共に、ふさわしい推定手法についても見極める。以下、各アプローチの詳細を記す。

【アプローチ1：一体推定】

- ・ 概要：式(4-1)の間接効用関数に可住地面積と都市アメニティを加え、OLSにより支出配分パラメータと各都市アメニティのパラメータを一体推定。
- ・ 前提条件：被説明因子を立地選択確率と間接効用関数の所得項とし、説明因子を間接効用関数の代表交通価格・地代・都市アメニティとする事で、分散パラメータ： θ を1と仮定。
- ・ 推定式：式(4-24)～式(4-32)による。

(一時点の評価：Case1～Case3)

$$\begin{aligned} & \{\ln(\widehat{P}_i^t) - \ln(\widehat{P}_{avr}^t)\} - \{\ln(I_i^t) - \ln(I_{avr}^t)\} \\ & = A_x \{\ln(q_i^t) - \ln(q_{avr}^t)\} + A_l \{\ln(r_i^t) - \ln(r_{avr}^t)\} \\ & \quad + \beta_{23}(X_{23i}^t - X_{23avr}^t) + \beta_N(X_{Ni}^t - X_{Navr}^t) + C \end{aligned} \quad (4-24)$$

$$\alpha_x = -A_x, \alpha_l = -A_l \quad (4-25)$$

ここで、 β_{23} :可住地面積のパラメータ、 β_N :都市アメニティNのパラメータ、 X_{23i}^t : t 年の地域*i*の可住地面積、 X_{23avr}^t : t 年の可住地面積の全地域平均値、 X_{Ni}^t : t 年の地域*i*の都市アメニティN、 N_{Navr}^t : t 年の都市アメニティNの全地域平均値。

(二期間の評価: Case4~Case6)

$$\begin{aligned} & \{\ln(\widehat{\Delta P}_i) - \ln(\widehat{\Delta P}_{avr})\} - (\Delta I_i - \Delta I_{avr}) \\ & = A_x(\Delta q_i - \Delta q_{avr}) + A_l(\Delta r_i - \Delta r_{avr}) \\ & + \beta_{23}(\Delta X_{23i} - \Delta X_{23avr}) + \beta_N(\Delta X_{Ni} - \Delta X_{Navr}) + C \end{aligned} \quad (4-26)$$

$$\Delta I_i = \{\ln(I_i^{t2}) - \ln(I_i^{t1})\} \quad (4-27)$$

$$\Delta q_i = \{\ln(q_i^{t2}) - \ln(q_i^{t1})\} \quad (4-28)$$

$$\Delta r_i = \{\ln(r_i^{t2}) - \ln(r_i^{t1})\} \quad (4-29)$$

$$\Delta X_{23i} = \{\ln(X_{23i}^{t2}) - \ln(X_{23i}^{t1})\} \quad (4-30)$$

$$\Delta X_{Ni} = \{\ln(X_{Ni}^{t2}) - \ln(X_{Ni}^{t1})\} \quad (4-31)$$

$$\alpha_x = -A_x, \alpha_l = -A_l \quad (4-32)$$

ここで、 ΔX_{23i} :基準年(t1)と推定年(t2)の可住地面積の差、 ΔX_{23avr} : ΔX_{23i} の全地域平均値、 ΔX_{Ni} :基準年(t1)と推定年(t2)の都市アメニティNの差、 ΔX_{Navr} : ΔX_{Ni} の全地域平均値。

【アプローチ2: 段階推定】

- ・ 概要: 以下の二段階に分けて推定を行う。
 - ① 式(4-1)の間接効用関数に可住地面積のみを加え、OLSにより支出配分パラメータを推定。
 - ② ①の推定結果から得られる残差を被説明因子とし、説明因子を都市アメニティとして、相関分析を実施。
- ・ 前提条件: 被説明因子を立地選択確率と間接効用関数の所得項とし、説明因子を間接効用関数の代表交通価格・地代・都市アメニティとする事で、分散パラメータ: θ を1と仮定。
- ・ 推定式: 式(4-33)~式(44)による。

(一時点の評価：Case1～Case3)

①の範囲

$$\begin{aligned} & \{\ln(\widehat{P}_i^t) - \ln(\widehat{P}_{avr}^t)\} - \{\ln(I_i^t) - \ln(I_{avr}^t)\} \\ & = A_x \{\ln(q_i^t) - \ln(q_{avr}^t)\} + A_l \{\ln(r_i^t) - \ln(r_{avr}^t)\} \\ & \quad + \beta_{23}(X_{23i}^t - X_{23avr}^t) + C \end{aligned} \quad (4-33)$$

$$\alpha_x = -A_x, \alpha_l = -A_l \quad (4-34)$$

$$\Delta P_i^t = \widehat{P}_i^t - P_i^t \quad (4-35)$$

②の範囲

$$\Delta P_i^t = \beta_N(X_{Ni}^t - X_{Navr}^t) + C \quad (4-36)$$

ここで、 \widehat{P}_i^t ：式(4-33)の被説明因子、 P_i^t ：式(4-33)で求めたパラメータを用いた推定値、 ΔP_i^t ：式(4-33)の残差。

(二期間の評価：Case4～Case6)

①の範囲

$$\begin{aligned} & \{\ln(\widehat{\Delta P}_i) - \ln(\widehat{\Delta P}_{avr})\} - (\Delta I_i - \Delta I_{avr}) \\ & = A_x(\Delta q_i - \Delta q_{avr}) + A_l(\Delta r_i - \Delta r_{avr}) \\ & \quad + \beta_{23}(\Delta X_{23i} - \Delta X_{23avr}) + C \end{aligned} \quad (4-37)$$

$$\alpha_x = -A_x, \alpha_l = -A_l \quad (4-38)$$

$$\Delta P_i^{t2,t1} = \widehat{P}_i^{t2,t1} - P_i^{t2,t1} \quad (4-39)$$

②の範囲

$$\Delta P_i^{t2,t1} = \beta_N(\Delta X_{Ni} - \Delta X_{Navr}) + C \quad (4-40)$$

ここで、 $\widehat{P}_i^{t2,t1}$ ：式(4-37)の被説明因子、 $P_i^{t2,t1}$ ：式(4-37)で求めたパラメータを用いた推定値、 $\Delta P_i^{t2,t1}$ ：式(4-37)の残差。

4.3.5.3 都市アメニティの選定

本検証では、立地選択行動の推定に大きな影響を与える調整項の構成要因を特定する為に、都市アメニティとの相関分析を行う。都市アメニティとは、地域固有の環境要素・地理要素を指し、地域に属する家計や企業に利得あるいは損失を与えるものである⁵⁾。代表的な例としては、地域の都市化を表す“人口密度”や生活設備の充実度を表す“小売り場面積充実度”，地域の安心・安全度を示す“公害苦情率”等が挙げられる。この様な都市アメニティを用いて人口移動要因や地価形成要因の解明に取り組んだ事例は過去にも見られ⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾，戸川ら¹⁶⁾によれば、地価形成要因の6割は交通利便性に係る指標が影響しているとの報告がなされている。

そこで本研究では、前述した既往研究における都市アメニティの選定事例等を参考にすると共に、本検証で主題としている立地選択行動という事を念頭に置き、“人口移動をフォローする因子”ではなく、“人口移動をリードする因子”の選定を前提とした上で、『可住地面積』を含めた合計23の都市アメニティを選定した。表4-4に選定した都市アメニティを記す。選定した都市アメニティの出典は、主に兵庫県統計書より行っている。尚、兵庫県統計書で開示されていない不足データについては、各市・区や省庁より発行されている統計情報により補完を行っている。結果として、一時点の評価（Case1～Case3）は各時点のクロスセクションデータ，二期間の評価（Case4～Case6）は各期間のプーリングデータを準備している。

表4-4 都市アメニティの一覧

分類	項目		分類	項目			
人口	1	15歳以下の割合	百分率	施設	13	学校密度	校/千人
	2	65歳以下の割合			14	小売り売り場面積密度	m ² /千人
	3	中卒以下の人口比率		地域環境	15	乗用車保有率	台/千人
	4	大卒以下の人口比率			16	刑法犯財認知・発生率	件/千人
	5	単独世帯比率			17	鉄道駅数	駅
	6	核家族世帯比率			18	都道府県指定文化財数	件
住宅	7	1人あたりの居住室の 畳数	19	都市公園密度	個/千人		
	8	建築物・住宅新築着工 件数密度	産業	20	全産業従業員密度	百分率	
	9	住宅数：築35年以上占 有率		21	第二次産業比率		
	10	持家比率		22	第三次産業比率		
	11	戸建て住宅比率（持家+ 借家）	土地	23	可住地面積	km ²	
	12	空家比率					

4.3.5.4 OLS による推定

前述の通り、立地選択行動の推定はOLSにより実施するが、本分析では説明因子間の多重共線性の回避、及び相関分析の誤差要因を極力排除する事を目的に、以下の手順を踏まえ、全説明因子の中から調整項の構成要因分析に適用する説明因子を絞り込み、OLSによる分析を実施した。

- ・ 被説明因子と説明因子のVIF検定を行い、 $VIF > 10$ の多重共線性の可能性が高い説明因子を排除。
- ・ アプローチ1・2において、被説明因子と説明因子の相関が0.1以下の説明因子を排除。

4.3.5.5 推定結果：アプローチ1／一体推定

表4-5に支出配分パラメータ及び都市アメニティの推定結果を記す。一時点の評価（Case1～Case3）において、可住地面積（X23）は正の因子として共通的に高い有意性を示すものの、支出配分パラメータの有意性はCase2を除き低く、かつ各時点により正負が異なり安定的な結果を得るに至らなかった。また、都市アメニティとの関係に着目すると、人口：核家族世帯比率（X6）、地域環境：鉄道駅数（X17）、産業：全産業従業員密度（X20）が共通的な正の因子として、施設：学校密度（X13）、地域環境・都市公園密度（X19）が共通的な負の因子として抽出された。解釈としては、都市化の進展により核家族化が進み、それらが鉄道によるアクセス性が高く業務が集積する都市部の魅力を求めており、学校密度や都市公園密度等の施設・地域環境が立地選択に与える魅力が低い事が伺える。

二期間の評価（Case4～Case6）では、支出配分パラメータの推定値は、各時点により大きく異なる傾向を示しており、安定的な結果を得る事は出来なかった。また、抽出された都市アメニティについても、施設：小売売り場面積密度が共通的な正の因子として抽出されているが、その他の共通性を見出すことはできなかった。これは、選定した期間において地域での環境変化が異なる事によるものと考えられるが、本結果から二期間の立地選択行動の推定に対する共通性・方向性を特定するには至らなかった。

表 4-5 推定結果：アプローチ1／一体系推定

	Case1 【H12年】			Case2 【H17年】			Case3 【H22年】			Case4 【H12年⇒H17年】			Case5 【H17年⇒H22年】			Case6 【H12年⇒H22年】		
	パラメータ	t値	P値	パラメータ	t値	P値	パラメータ	t値	P値	パラメータ	t値	P値	パラメータ	t値	P値	パラメータ	t値	P値
分散パラメータ	θ	1.00	-	1.00	-	-	1.00	-	-	1.00	-	-	1.00	-	-	1.00	-	-
支出配分 パラメータ	α	-1.19	** *	-1.08	5.00	** *	-0.16	0.42	** *	8.83	-2.34	** *	4.43	-1.50	** *	-4.38	1.11	
	α1	-0.21	0.99	0.47	-3.19	** *	0.27	-0.97	** *	-0.13	0.07		0.46	-0.43	** *	9.99	-2.57	** *
定数項	C	-0.04	-0.41	-0.45	-4.61	** *	-0.38	-1.70	** *	-0.28	-2.63	** *	-0.18	-3.08	** *	-0.41	-2.92	** *
	X23	0.01	3.15	** *	0.01	4.17	** *	0.01	3.65	** *	1.38	2.36	** *			-1.94	-2.71	** *
土地面積	X1	-13.48	-4.36	** *			-19.20	-1.49	** *							106.30	2.13	** *
	X2									56.74	2.62	** *	-39.87	-3.18	** *	-92.43	-3.03	** *
人口	X5															-128.83	-3.43	** *
	X6	4.69	3.89	** *	3.95	4.53	** *	8.73	3.24	** *			8.54	1.77	** *	-145.94	-3.34	** *
住宅	X7	-0.10	-1.39	** *	0.23	4.03	** *						0.77	3.44	** *	2.63	4.09	** *
	X9				1.29	3.44	** *						-6.29	-2.07	** *	15.48	2.01	** *
施設	X10				2.90	4.69	** *	3.06	1.70	** *	7.17	1.20				13.30	1.47	** *
	X11	-0.67	-1.19	** *									22.18	5.42	** *			** *
施設	X12						3.24	1.16	** *	-13.23	-3.60	** *						** *
	X13	-0.30	-3.51	** *	-0.28	-5.72	** *	-0.46	-2.67	** *	-5.31	-3.70	** *			5.28	1.98	** *
施設	X14	-0.00	-3.45	** *	-0.00	-3.73	** *			0.00	1.99	** *				-0.01	-2.74	** *
	X15				-0.01	-7.68	** *	-0.01	-3.47	** *						0.01	2.33	** *
地域 環境	X17	0.03	3.82	** *	0.01	2.35	** *	0.02	2.06	** *			0.44	3.42	** *			** *
	X18				-0.01	-2.48	** *	-0.01	-1.14	** *	0.43	4.58	** *					** *
産業	X19	-0.83	-3.05	** *	-1.49	-7.99	** *	-1.56	-3.62	** *			-8.89	-2.68	** *			** *
	X20	8.75	3.02	** *	19.87	8.69	** *	8.75	2.46	** *			20.62	2.63	** *			** *
産業	X22															20.35	1.82	** *
	R		0.988		0.997		0.979		0.983		0.958		0.958		0.939			
決定係数	R ²		0.976		0.994		0.958		0.797		0.918		0.882					

* : 10%以下で有意、** : 5%以下で有意、*** : 1%以下で有意

4.3.5.6 推定結果：アプローチ2／段階推定

表4-6は支出配分パラメータの推定結果，及び残差を構成する都市アメニティの相関分析結果であり，「一時点の評価」と「二期間の評価」に区別して評価を行う。

一時点の評価（Case1～Case3）において，間接効用関数の支出配分パラメータと可住地面積によるOLSにより，支出配分パラメータ・可住地面積の何れのパラメータも十分な有意性を持つ因子として，安定した推定結果が得られている。また，本推定結果と被説明因子の残差と都市アメニティのOLSにより得られた結果として，住宅系の因子が共通的に高い相関を示し，住宅数築35年以上占有率（X9）と持ち家比率が正の因子として，一人あたりの居住室の畳数（X7）が負の因子として抽出された。

続いて，本推定結果を地域ごとに詳細に評価を行う。図4-8-①は間接効用関数の支出配分パラメータと可住地面積の推定結果を示しており，図4-8-②は図4-8-①の残差と都市アメニティの相関分析結果を示している。図4-8-①より，残差の傾向をA) 尼崎市・西宮市・明石市の共通的な正の残差，B) 芦屋市・三木市の共通的な負の残差，C) 三田市の負の残差，D) 東灘区・灘区・中央区の共通的な負の因子に分類し，それらの残差要因を図4-8-②により説明を行う。

A)は負の因子である一人あたりの居住畳数（X7）と乗用車保有率（X15）が正の値として表れている事，正の因子である鉄道駅数（X17）が正の値として表れている事から，当該地域は都心からのアクセス性が良く，地域内の交通手段も整備された好立地である事が表現されている。従い，残差の要因は周辺の大都市である大阪の魅力を説明しきれない事であると判断できる。

B)は芦屋市・三木市の地域特徴が残差要因として抽出されている。共通の傾向として，一人あたりの居住室の畳数（X7）が正の値として表現されている事が挙げられる。但し，その解釈は両市で異なり，芦屋市では高所得者層が敷地面積の広い住居を有しているという閑静な住宅地の特徴を表していると考えられる。一方，三木市は郊外地域である為，基本的に敷地面積が広いという特徴を示していると考えられる。現に負の因子である乗用車保有率（X15）が負の値として大きく表現されている事から，地域内の公共交通サービスの整備が整っていない事も要因として抽出されている。

C)は三田市が新興住宅地域である事が残差要因として抽出されている。具体的には，古い住宅数が少ない事（正の因子である住宅数：築35年以上占有率（X9）が負で表現）が挙げられており，かつ三木市と同様に乗用車保有率（X15）が負の値として抽出されている。これは，新興住宅地域である為に地域内の公共交通サービスの整備が整っていない事を示していると考えられる。

D)は都市型の地域である事が残差の要因として抽出されている。具体的には、古い住宅少なく（正の因子である住宅数：築35年以上占有率（X9）が負の値を示す）事に加え、持ち家比率が少ない事（正の因子である持ち家比率（X10）が負の値を示す）が挙げられている点である。これは、当該地域が三宮に隣接している事の要因を表していると考えられる。

以上の通り、残差の要因としてA)~D)に示す要因が抽出されたが、これらでも説明できていない要因が図4-8-②で示されている残差である。これらは大きく2つに区分され、尼崎市・西宮市・明石市の様な正の残差（図中の赤丸）と東灘区・兵庫区・姫路市の様な負の残差（図中の青丸）である。前者（図中の赤丸）は、上述のA)に該当し、大阪市の魅力が十分に表現できていない事が要因と推定される。大阪市の魅力を表す要因としては様々な因子が考えられるが、家計の立地選択行動という観点からは「アクセス性」が大きな要因として挙げられる。兵庫県南部地域では、JR線・阪急線・阪神線の3種類の鉄道が整備されており、各社とも特急・急行列車を設ける事により、大阪へのアクセス性を高めており、これらが停車する駅は大規模ターミナルを持ち、駅周辺の再開発も活発に行われている。従い、大阪の魅力を表現する因子として、大阪市からのアクセス性を説明する『鉄道 特急ダミー』を追加する。一方、後者は（図中の青丸）、商業施設が多く集まる都市もしくは周辺都市である事から、『商業施設周辺ダミー』を追加する事とする。この『商業施設周辺ダミー』の設定は、以下の手順に示す通りとした。

- ・ 本検証で対象としている22市・区及び大阪市のうち、年間の商品販売額が1.5兆円を超える都市を商業エリアとして選定（大阪市・神戸市中央区・姫路市）
- ・ 上記の3つの商業エリアから半径7km以内の市・区を商業地域周辺エリアと設定
- ・ 尚、例外として公共交通の整備が不十分で、商業エリアからのアクセスが悪い地域は商業エリアから除外（神戸市北区が該当）

次に二期間の評価（Case4~Case6）の結果を示す。間接効用関数の支出配分パラメータと可住地面積の符号の方向性は安定的であるものの、十分な有意性を確保する事が難しく、かつ代表交通価格の支出配分パラメータは共通して有意な結果を得る事は出来なかった。これは、対象期間において交通環境の変化が少なく有意な推定が困難である為と考えられる。即ち、日本の様な交通環境が既に整備された地域では、10年程度の短期間では交通環境の変化を得る事は困難であるという事を示している。従い、日本の様な先進国で本手法を用いて有意な結果を得る為には、30年程度の長期の変化を対象として分析を行う事が必要であると考えられる。一方、新興国の様な交通環境

の変化が短期間で行われる地域では、5年や10年といった短い期間でも交通施策の判断に繋がる有意な結果が得られると考えられる。以上の事から、二期間の評価については、評価対象地域の環境に応じて検証期間を設定する必要があると考えられる。尚、本検証において、残差の要因として抽出された都市アメニティは、住宅系：戸建て住宅比率（持家+借家）（X11）と地域環境：鉄道駅数（X17）が正の因子として抽出された。即ち、これらの二期間での変化（増加）が当該期間の人口増加に大きな影響を与えるという事を示している。

以上より、本節における検討の結果、一時点の評価（Case1～Case3）では、安定的な結果が得られており、残差の要因を更に説明する為に『鉄道 特急ダミー』と『商業施設周辺ダミー』の2つのダミー因子を追加するという方向性を得た。一方、二期間の評価（Case4～Case6）では、本検証の対象範囲では安定的な結果を得る事が難しいという結論を得た。次節では、本検証において安定的な結果が得られている「一時点の評価」に焦点を当て、ダミー因子を含めた上で残差の構成要因分析を行う。

表 4-6 推定結果：アプローチ2/段階推定

変数	Case1 【H12年】		Case2 【H17年】		Case3 【H22年】		Case4 【H12年⇒H17年】		Case5 【H17年⇒H22年】		Case6 【H12年⇒H22年】		
	パラメータ	t値	P値	パラメータ	t値	P値	パラメータ	t値	P値	パラメータ	t値	P値	
分散パラメータ	0	1.00	-	1.00	-	1.00	1.00	-	1.00	-	1.00	-	
支出配分 パラメータ	αx	-0.85	1.86	*	-1.09	2.07	*	5.09	-0.88	6.22	-1.48	3.07	-0.87
	αl	-1.03	3.95	***	-0.80	3.67	***	-2.97	1.44	-2.99	2.52	-3.57	2.85
土地面積 可住地面積	X23	0.01	4.60	***	0.01	4.44	***	0.13	0.29	0.52	0.57	-0.06	-0.17
	C	0.34	2.15	**	0.37	2.13	**	-0.28	-1.61	-0.18	-1.50	-0.41	-2.03
重相関	R	0.762		0.743		0.751	0.437		0.549		0.613		
決定係数	R ²	0.580		0.552		0.564	0.191		0.301		0.376		
人口	X1						30.48	2.08	*				
	X5											-20.71	-2.17
住宅	X7	-0.25	-5.22	***	-0.24	-2.65	**			0.29	1.40		
	X8			0.04	1.28								
施設	X9	2.34	4.24	***	3.90	4.20	***						
	X10			2.71	2.09	*	2.73	2.22	**				
地域 環境	X11									14.12	4.09	***	18.36
	X12			-3.43	-1.28								-9.43
産業	X13	-0.23	-2.50	**	-0.18	-1.63							3.20
	X14	-0.00	-1.20		-0.00	-1.18				0.00	1.75	*	-2.01
決定係数	X15			-0.00	-1.74	**							
	X17	0.01	1.46							0.27	2.12	**	0.30
重相関	X18					0.03	2.69	**					2.36
	X19							2.98	***				6.62
決定係数	X20			8.18	3.14	***		49.30	1.14				2.31
	X22												-0.00
重相関	R	0.875		0.890		0.777	0.681		0.788		0.685		
決定係数	R ²	0.766		0.792		0.603	0.464		0.621		0.469		

: 10%以下で有意、: 5%以下で有意、***: 1%以下で有意

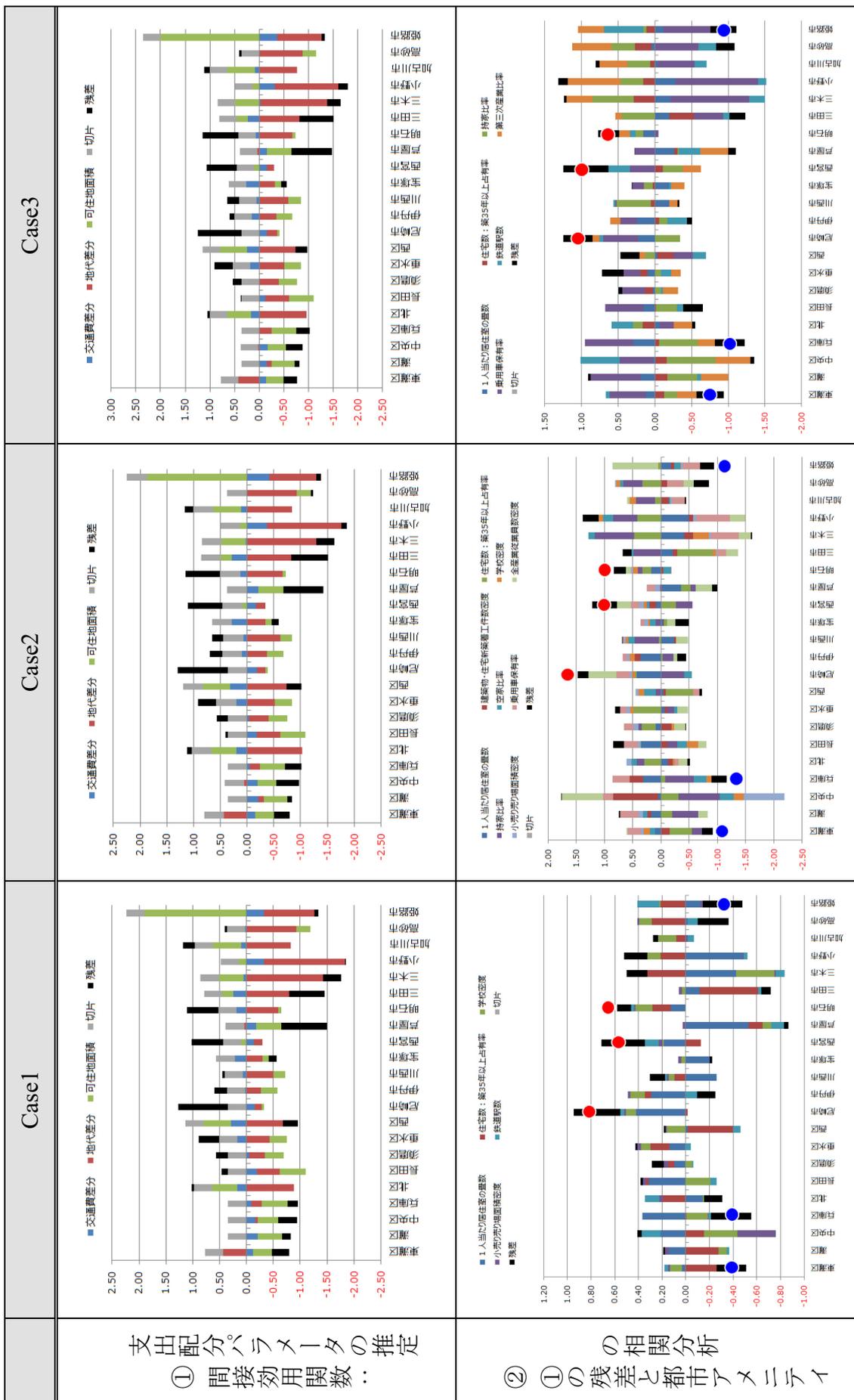


図 4-8 推定結果：アプローチ2/段階推定 地域毎の各アメニティの寄与度 (Case1~Case3)

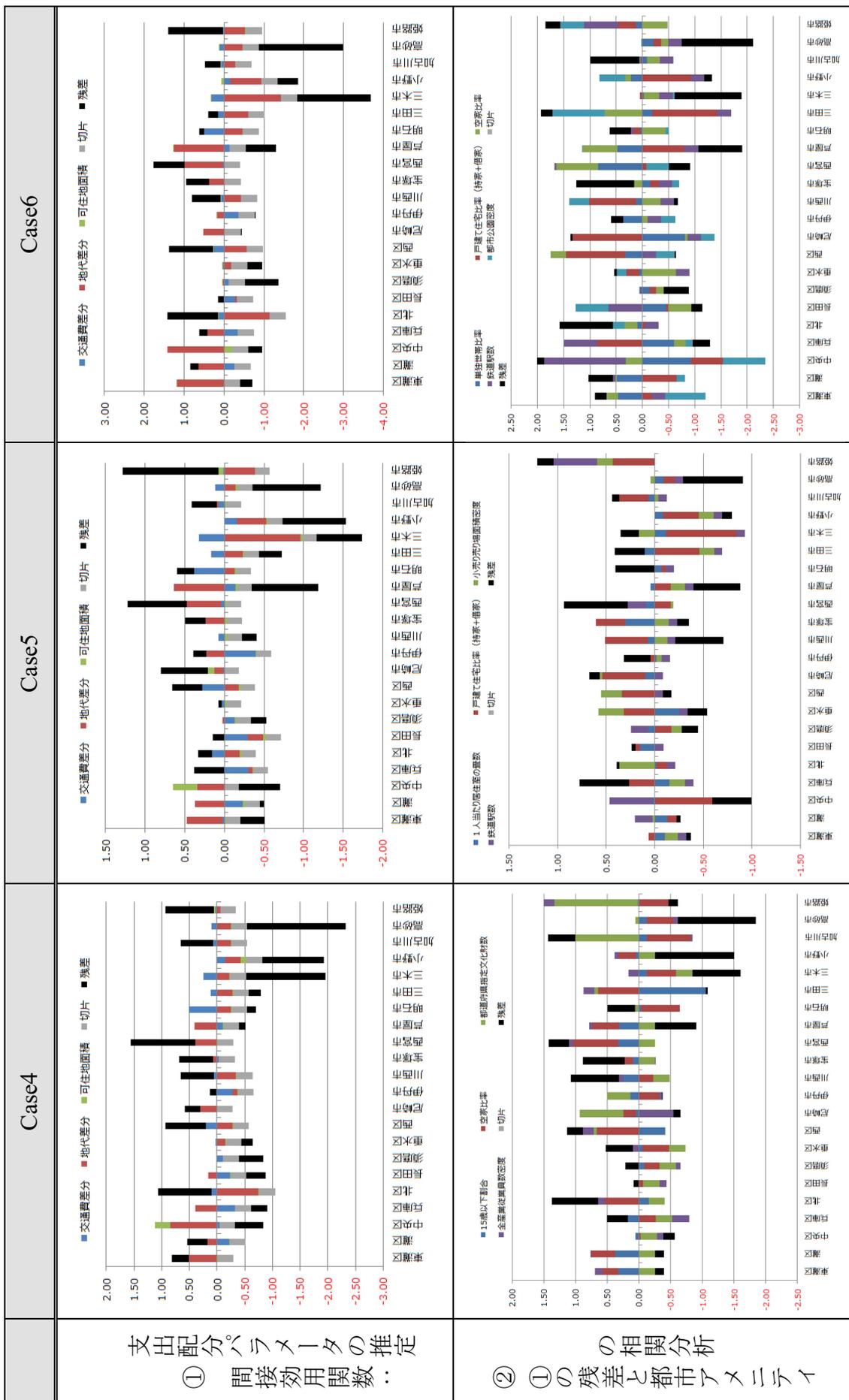


図4-9 推定結果：アプローチ2/段階推定 地域毎の各アメニティの寄与度 (Case4~Case6)

4.3.5.7 段階推定 「一時点の評価」へのダミー変数の追加による残差要因特定

前節での評価結果を踏まえ、本節ではアプローチ 2/段階推定の一時点の評価 (Case1~Case3) に絞り、表 4-7 に示すダミー因子を加えた計 25 の説明因子を対象として評価を行う。

表 4-7 都市アメニティの一覧 (ダミー因子追加)

分類	項目		分類	項目			
人口	1	15歳以下の割合	百分率	施設	13	学校密度	校/千人
	2	65歳以下の割合			14	小売り売り場面積密度	m ² /千人
	3	中卒以下の人口比率		地域環境	15	乗用車保有率	台/千人
	4	大卒以下の人口比率			16	刑法犯財認知・発生率	件/千人
	5	単独世帯比率			17	鉄道駅数	駅
	6	核家族世帯比率			18	都道府県指定文化財数	件
住宅	7	1人あたりの居住室の 畳数	百分率	19	都市公園密度	個/千人	
	8	建築物・住宅新築着工 件数密度		産業	20	全産業従業員密度	百分率
	9	住宅数:築35年以上占 有率			21	第二次産業比率	
	10	持家比率			22	第三次産業比率	
	11	戸建て住宅比率(持家+ 借家)		土地	23	可住地面積	km ²
	12	空き家比率		ダミー	24	鉄道 特急ダミー	0 or 1
		25	商業エリア周辺ダミー				

表4-8にダミー因子追加前(表4-6と同結果)とダミー因子追加後の推定結果を示す。結果として、ダミー因子を考慮する事により、決定係数は0.850以上を確保しており、信頼性は向上するという結果を得た。また、抽出された因子の傾向として、商業エリア周辺ダミー (X25) と第三次従業員比率 (X22) が共通的に負の値を示す。これは、商業施設が集まる都心部及び周辺地域は、居住を目的とした立地選択行動に対してネガティブな因子である事を示している。続いて、鉄道特急ダミー (X24) と鉄道駅数 (X17) は共通的に正の値を示すが、有意性という観点では鉄道駅数 (X17) が共通して高い有意性を示す結果を得た。これは、居住を目的とした立地選択行動を市・区レベルで見た時、アクセスの容易性や多様性(複数鉄道の整備)が人口誘因になっている事を示している。その他、築35年以上占有率 (X9) や一人あたりの居住畳数 (X7) が共通的に有意性を示し、65歳以下の割合 (X2) や小売り売り場面積密度 (X14) がCaseに応じて有意な結果を得た。

続いて、図4-10にて各市・区の傾向を詳細に示す。結果として前節で示したA)～D)の区分の傾向を、更に明確に説明する結果を得た。

A)の西宮市・明石市・尼崎市の残差要因は、大阪市への魅力に伴う因子が抽出されている。即ち、大阪への良好なアクセス性（鉄道駅数（X17）と鉄道 特急ダミー（X24））、地域内移動手段の充実（低い乗用車保有率（X15））による居住人口の誘引により、地価高騰（一人あたりの居住畳数（X7）が小さい）が発生している事を示している。

B)のうち、芦屋市の残差要因は、高所得者が居住する閑静な住宅街に係る因子が抽出されている（一人あたりの居住畳数（X7）が広く、第三次産業比率（X22）も充実しており、乗用車保有率（X15）も低く域内の交通手段が充実している）。一方、三木市の残差要因は、都心から離れた郊外地域に関係する要素が抽出されている（一人あたりの居住畳数（X7）が広く、住宅数：築35年以上占有率（X9）が高く、乗用車保有率（X15）も高く地域内の公共交通サービスが不足しており、第三次産業比率（X22）が乏しい）。

C)の三田市の残差要因は、新興住宅地域を示す因子が抽出されている（住宅数：築35年以上占有率（X9）が少なく、一人あたりの居住畳数（X7）が小さく、乗用車保有率（X15）も高く地域内の公共交通サービスが不足している）。

D)の神戸市各区と姫路市は、都市部・周辺都市を示す要因が抽出されている（商業エリア周辺ダミー（X25）・第三次産業比率（X22）が高く、持ち家比率（X10）が低い）。

以上の結果、交通条件を含む間接効用関数以外の地域特徴を示す要因を考慮する事により、立地選択行動の推定精度を向上できる可能性が示された。尚、本解析結果を解釈するに当たり、次の点に注意を要する。

- ・ 本検証において良好な結果が得られたアプローチ2：段階推定は、交通整備とその他の都市アメニティの相関は無いという前提で検討を実施している。一方、実際に本手法を用いて交通整備の効果を予測する場合、交通整備と都市アメニティが正の相関あるいは因果関係を有する場合、交通整備の効果は過小評価となり、逆の場合は過大評価になる可能性を有する。従い、実際に都市アメニティを考慮する場合は、実施する交通整備との相関・因果関係を照査の上、適用する因子を選定する必要がある。
- ・ 立地選択行動の推定において、間接効用関数に加え都市アメニティを考慮する必要性を提案したが、交通整備を実施した場合の波及速度は異なると考えられる。

例えば、交通整備の実施により、時間短縮や費用削減効果は直接的に交通利便性を改善し、短期間で立地選択行動に影響を与えられとされる。一方、都市アメニティの充実や変化は、交通整備を実施後に徐々に効果が波及すると考えられ、居住者が認知し立地選択行動を起こすまでの反応は遅れると考えられる。過去事例では、兵庫県西宮市の西宮北口駅周辺の大規模再開発の場合、2008年に大型ショッピングモールが完成し再開発の軸は完了したものの、周辺都市の魅力を示す指標の一つである“住みたい街ランキング（リクルート社）”で同駅が1位になり、子育て層の間で注目されるまでには5年以上の歳月を要している。この様に、立地選択行動を推定では、交通整備や都市開発による効果の波及程度を考慮した上で、間接効用関数と都市アメニティを取り扱う必要があると考えられる。

- ・ 今回抽出された地域特徴は、立地選択行動を行う属性によって反応程度が異なる可能性がある。例えば、都心部からのアクセス性であれば勤労層、閑静な住宅街であれば高所得者層、新興住宅地域であれば子育て層等である。従い、CUEモデルの将来的な姿として、属性ごとの立地選択行動の差異も考慮できる事が望ましい。

表 4-8 推定結果：アプローチ2/段階推定 ダミー変数考慮前後の推定結果の比較

説明変数	ダミー因子追加前【表3-6 Case1~Case3と同一】												ダミー因子追加後						
	Case1【H12年】			Case2【H17年】			Case3【H22年】			Case1【H12年】			Case2【H17年】			Case3【H22年】			
	パラメータ	t値	P値	パラメータ	t値	P値	パラメータ	t値	P値	パラメータ	t値	P値	パラメータ	t値	P値	パラメータ	t値	P値	
分散パラメータ	0	1.00	-	1.00	-	-	1.00	-	-	1.00	-	-	1.00	-	-	1.00	-	-	
支出配分パラメータ	αx	-0.85	1.86 *	-1.09	2.07 *	-0.98	1.77 *	-0.85	1.86 *	-1.09	2.07 *	-0.98	1.77 *	-0.85	1.86 *	-1.09	2.07 *	-0.98	1.77 *
地代	d1	-1.03	3.95 ***	-0.80	3.67 ***	-0.65	3.62 ***	-1.03	3.95 ***	-0.80	3.67 ***	-0.65	3.62 ***	-1.03	3.95 ***	-0.80	3.67 ***	-0.65	3.62 ***
土地面積	X23	0.01	4.60 ***	0.01	4.44 ***	0.01	4.70 ***	0.01	4.60 ***	0.01	4.44 ***	0.01	4.70 ***	0.01	4.60 ***	0.01	4.44 ***	0.01	4.70 ***
定数項	C	0.34	2.15 **	0.37	2.13 **	0.35	2.05 *	0.34	2.15 **	0.37	2.13 **	0.35	2.05 *	0.34	2.15 **	0.37	2.13 **	0.35	2.05 *
重相関	R	0.762			0.743			0.751			0.762			0.743			0.751		
決定係数	R ²	0.580			0.552			0.564			0.580			0.552			0.564		
人口	X2																		
	X6																		
	X7	-0.25	-5.22 ***	-0.24	-2.65 **	-0.16	-1.34	-0.26	-7.04 ***	-0.13	-1.45	-0.26	-7.04 ***	-0.13	-1.45	-0.16	-2.16 **	-0.16	-2.16 **
	X8			0.04	1.28														
住宅	X9	2.34	4.24 ***	3.90	4.20 ***	2.02	1.93 *	1.09	1.88 *	1.82	2.97 **	1.76	2.51 **	1.24	1.45				
	X10			2.71	2.09 *	2.73	2.22 **												
	X12			-3.43	-1.28														
	X13	-0.23	-2.50 **	-0.18	-1.63														
施設	X14	-0.00	-1.20	-0.00	-1.18														
	X15			-0.00	-1.74														
地域環境	X17	0.01	1.46			0.03	2.69 **	0.02	2.36 **	0.03	3.14 ***	0.03	3.31 ***	0.12	1.65				
	X20			8.18	3.14 ***														
産業	X22																		
	X24																		
ダミー	X25																		
定数項 (切片)	C	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.09	1.55	0.09	1.68	0.09	1.68	0.12	1.65	0.12	1.68	0.12	1.65
重相関	R	0.875			0.890			0.777			0.958			0.948			0.926		
決定係数	R ²	0.766			0.792			0.603			0.917			0.898			0.858		

* : 10%以下で有意、** : 5%以下で有意、*** : 1%以下で有意

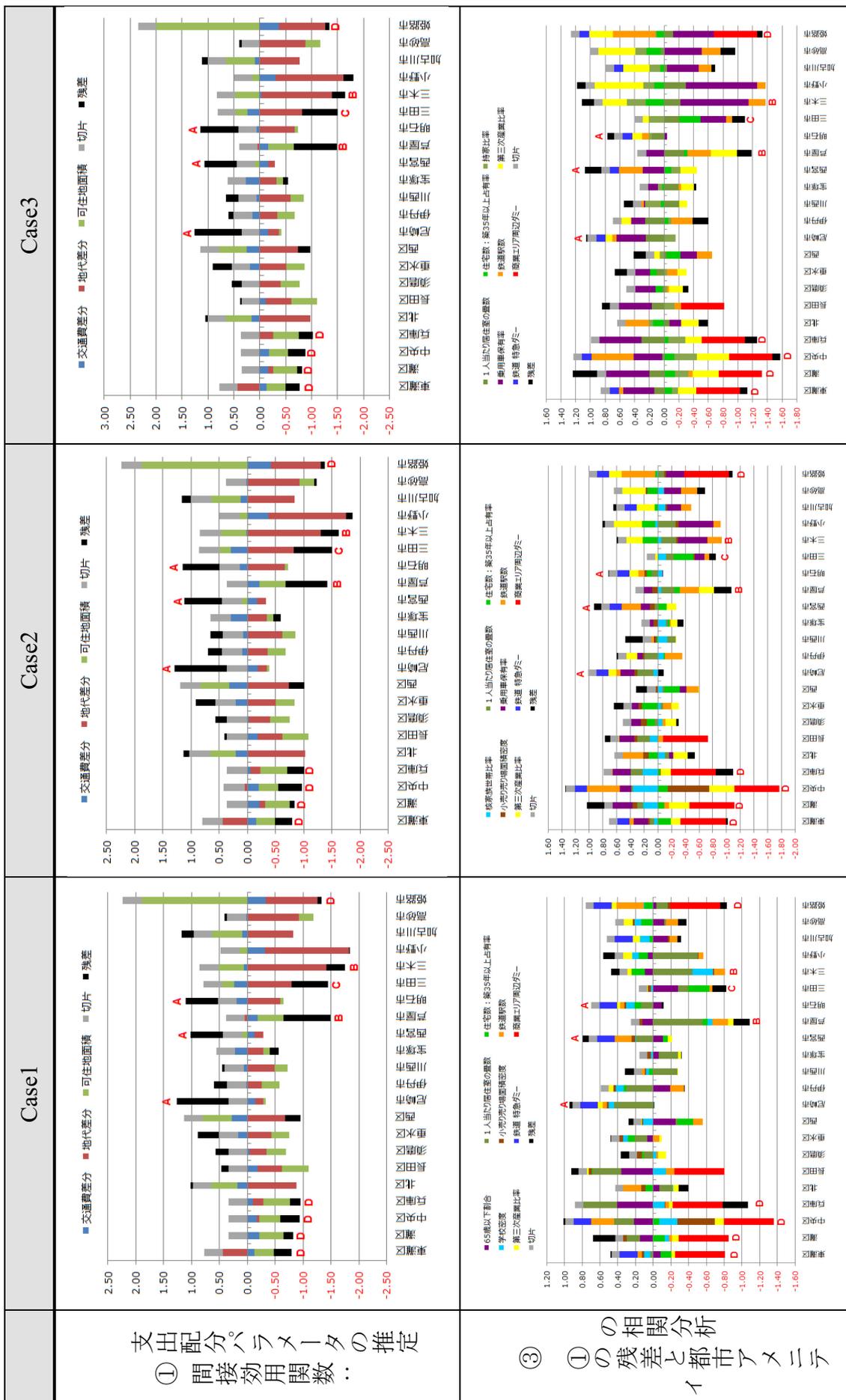


図 4-10 推定結果：アプローチ2/段階推定 地域毎の各アメニティの奇与度 (Case1~Case3)

4.4 検討結果のまとめ

本章では、「CUEモデルの立地選択行動の推定精度向上」という目的に対して、間接効用関数の支出配分パラメータの設定方法の検証と、立地選択行動に大きな影響を与える調整項の構成因子の検証という2つに着目し、兵庫県南部地域の複数時点・期間において、段階的に検証を行った結果、以下の示唆を得た。

- A) 間接効用関数の支出配分パラメータの設定に関して、従来の設定方法では交通整備による代表交通価格や地代の変化に伴う立地選択行動を過小または過大に評価する可能性を有すると共に、間接効用関数のみでは立地選択行動を高い精度で推定する事が困難である事を確認した。これらの対策の一つとして、間接効用関数に住宅の供給要因を代替する『可住地面積』を考慮すると共に、基準年の人口分布を被説明変数とした上で、OLSを用いて支出配分パラメータを推定する事により、立地選択行動の推定精度を向上できる可能性が示された。
- B) 従来の立地選択行動の推定において大きく依存していた調整項の構成因子は、各市・区の地域特徴（都市アメニティ）である事が示され、交通条件を含む間接効用関数以外に地域特徴を示す要因を考慮する事により、立地選択行動の推定精度を向上できる可能性が示された。尚、立地選択行動の推定に都市アメニティを適用する際には、交通整備と都市アメニティの相関・因果関係、交通整備導入による都市アメニティが立地選択行動に影響を与える波及速度、社会経済属性毎の都市アメニティへの反応度の差異等を考慮した上で、CUEモデルに組み込む事が求められる。
- C) 本検証では、『一時点の評価』と『二期間の評価』を対象として評価を実施し、『一時点の評価』において良好な結果を得た。一方、両評価は評価対象に応じて使い分ける必要があると考えられる。

【一時点の評価】

日本の様に都市化が進み基幹交通の整備が完了している都市では、評価すべき将来時点における環境条件の変化も小さい事から、ある一時点のデータから支出配分パラメータや都市アメニティを抽出し、それらを用いて交通施策が与える影響を評価する事は、立地選択行動の推定精度を担保する上で、有意義であると考えられる。

一方、短期間において交通環境や都市環境の変化が起こる新興国の様な成長の著しい地域では、ある一時点のデータから支出配分パラメータや都市アメニティを抽出したとしても、評価すべき将来時点において環境条件が大きく変化している事から、交通施策による効果を過小・過大評価に繋がる可能性がある。

【二期間の評価】

日本の様な都市環境や交通環境の整備された都市では、10年程度の短期間の評価

では都市の変化が少なく、有意義な結果を得る事ができない。従い、過去30年や50年といった長期間の交通整備や都市発展の要因分析に適用する事が望ましい。また、この様な日本における過去の発展要因の要因分析を通じて、都市の成長要因を特定が可能となった暁には、先進国である日本として、それらを海外の新興国の発展に適用していく事は重要な使命であると考えられる。

一方、新興国の様な、都市環境・交通環境の変化が著しい地域では、5年や10年といった短・中期の変化に主眼を置いて支出配分パラメータや都市アメニティを設定し、立地選択駆動の推定を行う事が、交通整備・都市開発の推定精度を向上させる上で必要であると考えられる。従い、これらの対象国では二期間の評価が求められると考えられる。また、新興国に至っては、年齢階層別の人口比率の格差や経済格差が立地選択行動に大きな影響を与える為、これらを考慮する事も必要である。

本章で実施した検証における今後の課題として、今回提案したOLSを用いた支出配分パラメータの推定結果の解釈に関する更なる検証の必要性が挙げられる。本検証では、支出配分パラメータ/地代： α_l は負の値として推定され、その解釈について、「交通施策導入によりある地域の地代上昇が家計の効用を押し上げる効果となる。これは当該地域の地代の上昇と共に地域魅力度が上昇し、立地選択行動に対して吸引効果を示している」としている。しかしながら、ミクロ経済学的な理論背景から考えた場合、支出配分パラメータ/地代： α_l は負の値を示す事は需要関数が右肩上がりである事を意味し、経済理論からは逸脱する事となる。CUEモデルは経済理論に基づいた規範モデルである事を前提とすると、個人の行動選択は需要と供給の相互関係から決定されるべきである。今回の推定結果は、規範モデルとして表現できていない外部性の効果を含めた結果であると解釈出来るものの、規範モデルと外部性の切り分けや外部性の構成要因の特定など、未だ検証が十分とは言えない側面もある。従い、今後の課題として、今回得られた検証結果の解釈について更なる検証が必要であると考えられる。

4.5 CUE モデルの改善の方向性

「CUE モデルの立地選択行動の推定精度向上」に向けた前節までの検証結果を踏まえ、CUE モデルの改善の方向性について記す。表 4-9 は本検証を通じて得られた、立地選択行動の推定精度向上に貢献する各因子の波及速度・推定手法を記している。波及速度は、間接効用関数を構成する従来の因子（代表交通価格や地代）、及び本検証により得られた可住地面積は短期に波及すると考えられ、都市アメニティは地域居住者に認知され立地選択行動に至るまでに時間を要する事から、中・長期に効果が波及すると考えられる。

また、間接効用関数を構成する各パラメータと都市アメニティは、本検証で実施した「アプローチ 2：段階推定」の手順に沿い、推定・設定する事が望ましいと考える。尚、都市アメニティは、検証する地域ごとに抽出される因子が異なる事から、都度選定する事が求められるが、分析結果が蓄積され地域移転性に関する評価が可能となった暁には、共通的な都市アメニティを特定する事も可能になると考えられる。

以上の結果を踏まえ、表 4-10 に「一時点の評価／二期間の評価」、「短期予測／中・長期予測」、「国内／新興国」という観点から、CUE モデルの構成を分類化した結果を示す。CUE モデルの立地選択行動の推定精度を向上させる為には、分析の前提条件に応じて、ふさわしい構成や分析手法を選択する事が、立地選択行動の推定精度を確保する上で重要であると考えられる。

表 4-9 立地選択行動を構成する各因子の波及効果とパラメータ推定手法

項目		波及速度	パラメータの推定手法
間接効用関数	従来の因子	<u>短期に波及</u> 交通施策・整備による時間短縮効果や費用削減効果（共に一般化費用の改善）は、交通利便性の改善に直結し、短期に立地選択行動に影響を与える。	OLS により支出配分パラメータと可住地面積のパラメータを同時推定する。
	可住地面積	<u>短期に波及</u> 立地選択において、各地域の住宅供給量は地域規模の差を表現する因子であり、立地選択行動に直接的に影響を与える。従い、短期に立地選択行動に影響を与える。	
都市アメニティ		<u>中・長期に波及</u> 都市アメニティは、交通利便性などの直接的な改善効果が地域の魅力となり、間接的に立地選択行動を誘引する。この間接的な効果が地域の居住者に認知され、立地選択行動を起こす要因となるまでには一定の時間を要する。	間接効用関数の観測値と推定値の残差に対して、相関が高い都市アメニティを選定。抽出された都市アメニティを間接効用関数に適用する。

表 4-10 評価目的・期間・地域に応じた CUE モデルの構成

		新たな交通整備・都市開発の効果予測		過去から現在までの都市成長要因分析
		短期予測：5年以内	中・長期予測：5年以上	
国土の整備①	間接効用関数の構成	$V_i = \ln(I_i) - \alpha_x \ln(q_i) - \alpha_l \ln(\tau_i) + \beta_l \cdot X_i + C$ I_i : 所得, q_i : 代表交通価格, τ_i : 地代 α_x, α_l : 支出配分パラメータ X_i : 可住地面積, β_l : 可住地面積のパラメータ	$V_i = \ln(I_i) - \alpha_x \ln(q_i) - \alpha_l \ln(\tau_i) + \beta_l \cdot X_i + \gamma_{NI} \cdot Y_{NI} + C$ I_i : 所得, q_i : 代表交通価格, τ_i : 地代 α_x, α_l : 支出配分パラメータ X_i : 可住地面積, β_l : 可住地面積のパラメータ Y_{NI} : 都市アムニティ, γ_{NI} : 都市アムニティのパラメータ	-
	分析手法	OLSにより推定 ①支出配分パラメータと可住地面積パラメータを同時推定	OLSにより推定 ①支出配分パラメータと可住地面積パラメータを同時推定 ②間接効用関数による立地選択数の推定結果と観測値の残差から、代表的な都市アムニティを選定し、間接効用関数に適用	-
国土の整備②	間接効用関数の構成	-	-	$V_i^{t1,t2} = \ln(I_i^{\Delta t}) - \alpha_x \ln(q_i^{\Delta t}) - \alpha_l \ln(\tau_i^{\Delta t}) + \beta_l \cdot X_i^{\Delta t} + \gamma_l \cdot Y_l^{\Delta t} + C$ I_i : 所得, q_i : 代表交通価格, τ_i : 地代 α_x, α_l : 支出配分パラメータ X_i : 可住地面積, β_l : 可住地面積のパラメータ Y_l : 都市アムニティ, γ_l : 都市アムニティのパラメータ Δt : 基準年t1→予測年t2までの変化を示す
	分析手法	-	-	OLSにより推定 ①支出配分パラメータと可住地面積パラメータを同時推定 ②間接効用関数による立地選択数の推定結果と観測値の残差から、代表的な都市アムニティを選定し、間接効用関数に適用
国土の整備①	間接効用関数の構成	$V_i = \ln(I_i) - \alpha_x \ln(q_i) - \alpha_l \ln(\tau_i) + \beta_l \cdot X_i + C$ I_i : 所得, q_i : 代表交通価格, τ_i : 地代 α_x, α_l : 支出配分パラメータ X_i : 可住地面積, β_l : 可住地面積のパラメータ	-	-
	分析手法	OLSにより推定 ①支出配分パラメータと可住地面積パラメータを同時推定	-	-
国土の整備②	間接効用関数の構成	$V_i^{t1,t2} = \ln(I_i^{\Delta t}) - \alpha_x \ln(q_i^{\Delta t}) - \alpha_l \ln(\tau_i^{\Delta t}) + \beta_l \cdot X_i^{\Delta t} + \gamma_l \cdot Y_l^{\Delta t} + C$ I_i : 所得, q_i : 代表交通価格, τ_i : 地代 α_x, α_l : 支出配分パラメータ X_i : 可住地面積, β_l : 可住地面積のパラメータ Y_l : 都市アムニティ, γ_l : 都市アムニティのパラメータ Δt : 基準年t1→予測年t2までの変化を示す	-	-
	分析手法	OLSにより推定 ①支出配分パラメータと可住地面積パラメータを同時推定	-	-

4.6 結言

本章では、「CUE モデルの立地選択行動の推定精度向上」という目的に対して、前章の分析結果を踏まえた上で、間接効用関数の支出配分パラメータの設定方法の検証と、立地選択行動に大きな影響を与える調整項の構成因子の検証という2つに着目し、検証を実施した。

結果、従来のCUEモデルにおいて立地選択モデルを構成する間接効用関数のみでは、立地選択行動を十分に推定する事が困難である事、間接効用関数において立地選択行動の推定精度を改善する為には「住宅の供給要因」を間接効用関数に適用する事が望ましい事、交通条件を含む間接効用関数以外に地域特徴を示す要因（都市アメニティ）を考慮する事により立地選択行動の推定精度を改善が図れる事、という重要な示唆を得た。また、これらの示唆を踏まえ、評価目的・期間・対象地域に応じた立地選択モデルの間接効用関数の構成とパラメータ推定方法に関して方向性を示す事により、「CUEモデルの立地選択行動の推定精度向上」に向けた一つの可能性を示した。

本研究で主題としている新興国へのCUEモデルの適用に向けては、本結果に加え、社会経済属性毎に異なる選好の差を考慮する事が必要であると考えられる。次章では、社会経済属性毎の選好の差（家計の異質性）を明らかにすると共に、家計の異質性を考慮したCUEモデルについて検討を行う。

参考文献

- 1) 山崎清, 武藤慎一: 開発・誘発交通を考慮した道路整備効果の分析, 運輸政策研究, vol11, No2, pp14-25, 2008
- 2) 山崎清, 上田孝行, 岩上一騎: 開発人口・及び誘発・開発交通を考慮した東京湾アクアラインの料金値下げ効果の計測, 高速道路と自動車, 第51巻, 第6号, pp20-32, 2008
- 3) 武藤慎一, 上田孝行, 高木郎義, 富田貴弘: 応用都市経済モデルによる立地変化を考慮した便益評価に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol17, pp257-266, 2000.
- 4) Anas: The Estimation of Multinomial Logit Model of Joint Location and Travel Mode Choice from Aggregated Data, *Journal of Regional Science*, Vol.21, No.2, pp223-242, 1981
- 5) 中野英夫: 賃金およびレントと都市のアメニティ, 住宅土地経済 1992 年秋季号, 1992
- 6) Roback, J.: Wages, rents, and the quality of life, *Journal of Political Economy*, Vol. 90, No. 6, 1982.
- 7) 富岡武志, 佐々木公明: 人口移動を考慮した都市アメニティの経済学的評価, 応用地域学研究, No.8(2), pp33-44, 2003
- 8) 清水千弘, 安本晋也, 浅見泰司, Terry, C: アメニティと家賃 -都市アメニティの集積が人口集積・住宅サービス価格に与える影響-, CSIS Discussion Paper131(The University of Tokyo), 2014
- 9) 得田雅章: ヘドニック・アプローチによる滋賀県住宅地の地価形成要因分析, 山崎一眞教授退職記念論文集 (第381号), pp183-204, 2009
- 10) 伊藤薫: 長距離人口移動に対する社会環境アメニティの作用 -1970年から2000年の国勢調査人口移動集計結果を利用して-, *Review of economics and information studies*, No.7 (1・2), pp21-49, 2006
- 11) 藤田将人, 中村一樹, 加藤博和, 林良嗣, ワスンタラースク ワシニー: タイ・バンコク都における世代・収入による QOL 価値観の違いに関する分析, 日本環境共生学会 第16回学術大会 発表論文集, pp388-391, 2013
- 12) Elyse, K.: Quality of Life: Meaning, Measurement, and Models, Navy Personnel Research and Development Center, 1992
- 13) Nakamura, K., GU, F., Wasuntarasook, V., Vishiansan, V., Hayashi, Y.: Failure of Transit-Oriented Development from a Perspective of Quality of Life in Bangkok, *Asian*

- Transport Studies, Volume 4, Issue 1, pp194-pp209, 2016
- 14) Nakamura, K., Fujita, M., Kato, H., Hayashi Y. : EVALUATION FORQUALITY IMPROVEMENT OF TRANSPORT SYSTEMS FOR ASIAN DEVELOPING MEGACITIES – A CASE STUDY OF BANGKOK -, J. JSCE, Ser. D3(Infrastructure Planning and Management), Vol. 70, No.5, Special Issue, pp453-pp462, 2014
 - 15) Nakamura, K., GU, F., Wasuntarasook V.,Vishiensan, V., Kii, M., Hayashi, Y., Evaluation for Low-carbon Land-use Transport Development with QOL Indexes in Asian Developing Megacities: a Case Study of Bangkok , Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 11, pp1047-pp1063, 2015
 - 16) 戸川卓哉, 加藤博和, 林良嗣 : 都市域における住宅地価と QOL 指標との関係分析, 社団法人日本不動産学会, 平成 21 年度秋季全国大会 (第 25 回学術講演会) 論文集, 一般論文発表, pp79-84, 2009

第5章 家計の異質性を考慮した CUE モデルの開発

5.1 緒言

近年のアジア・ASEAN 地域の各国は、急激な経済成長に伴い多くの都市開発や交通開発が行われており、これらの多くは都市と交通の統合的な開発を通じた持続可能な都市形成を目指している。この様な各国・各都市のニーズに対応する手段の一つとして、日本で培われた経験と技術の適用が考えられ、日本で構築された CUE モデルをアジア・ASEAN 地域の各国の都市計画に適用する事は、アジア・ASEAN 地域の各国の最適な都市計画の立案達成という観点のみではなく、日本が持つ鉄道システムなどの輸出促進という観点からも重要な意義を持つと考えられる。

日本や韓国等の一部の先進国を除くアジア・ASEAN 地域の特徴として、居住者の社会的な経済格差が大きく、各層において交通行動・立地選択行動の選好が異なる事が挙げられる¹⁾。例えば、インドネシアの日々の交通行動を所得区分毎に分けて観察してみると(図5-1)²⁾、富裕層は安全性が高く自由な移動を可能とする自家用車による移動を好み、中間層は自家用車による移動に加え市内に整備された BRT 等の公共交通やバイクによる移動を、そして低所得層は公共交通・バイクに加えパラトランジットなどのより小型で安価に移動できる交通手段を好む傾向がある。この様に、居住者は一様に最短経路選択や最小費用選択を行うのではなく、居住者の社会的な経済状況に応じて最適な選好を行うという特徴を持つ。

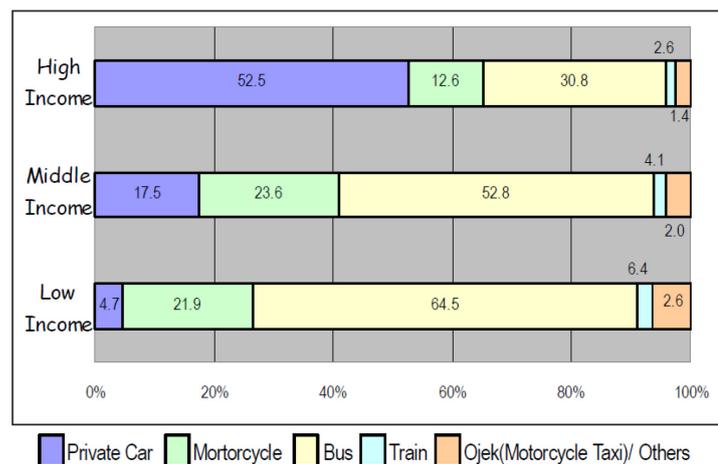


図 5-1 インドネシア・ジャカルタにおける所得階層別の交通行動²⁾

このような特徴を持つアジア・ASEAN 地域において、信頼度の高い交通計画を行う為には、社会的な経済格差を反映した”家計の異質性”を考慮する事が必要であると考えら

れ、第2章で実施した台湾桃園市における TOD 型都市開発の評価において、同市交通局の政策意思決定者から提示された「台湾の特徴を捉えた評価分析」という要望も、同様の意図を指していると考えられる。

このような特徴を持つアジア・ASEAN 地域に対して CUE モデルの適用を考えた場合、日本で開発された CUE モデルは、立地行動の代表主体である各家計は同質なものとして扱っている事から、世帯主年齢、世帯年収、家族構成等の属性による行動選好の差異、所謂、“家計の異質性”を考慮した評価は実施し難い。これは、立地行動主体の属性毎に立地選好や交通モード選好に違いがある場合、信頼度の高い推定結果を得られない可能性がある事を意味する。従い、先進国である日本で構築された CUE モデルを、アジア・ASEAN 地域へ適用する場合、上述の課題に対して対応する事が求められる。

そこで本章では、CUE モデルをアジア・ASEAN 地域に適用する事を見据え、“家計の異質性”を考慮した CUE モデルの開発を試みる。具体的には、神戸市の居住者に対する Web アンケートを通じて、家計の異質性毎の時間価値を導出し、顕著な違いを示すセグメントの特定を行う。続いて、特定された家計の異質性セグメントを反映した新たな CUE モデルを構築し、神戸市を対象とした事後評価を行う。本分析において、従来の CUE モデルとの比較検証を通じて、家計の異質性を考慮する事による効果の評価を行い、CUE モデルのアジア・ASEAN 地域への適用に向けた方向性を定める。尚、本研究では、事後評価段階におけるデータセットの整備状況を考慮し、土地利用データと交通データが整備されている日本の神戸市を対象として検討を実施する、また、検討の簡素化を目的に、家計の行動に焦点をあて評価を行う。従い、企業の行動については将来的な研究課題と位置付けている。

5.2 アジア・ASEAN 地域の交通整備を対象とした既往研究

日本で開発された CUE モデルをアジア・ASEAN 地域に適用した事例は少なく、その中でも CUE モデルに家計の異質性を考慮させる既存研究はほとんど見られない。日本国内における CUE モデルの代表的な既往研究として、山崎・武藤(2008)³⁾と山崎ら(2008)⁴⁾による日本の道路開発を対象とした評価事例が挙げられるが、何れの研究においても、評価対象となる家計・企業の行動選好は同質なものとしており、異質性については考慮されていない。また、CUE モデルをアジア諸国に適用した既往研究として、Chen ら(2013)⁵⁾による台湾への適用事例が存在するが、本研究においても、家計・企業の行動選好は同質なものとして扱っている。この様に、経済的格差の少ない日本で開発された CUE モデルの現状としては、アジア・ASEAN 地域の評価に求められる、家計の異質性を考慮した研究は行われていない。

一方、LUTIモデルにおける既往研究に視点を広げた場合、1.3.1 節で紹介した Nakamura ら (2015 年)⁶⁾⁷⁾⁸⁾によるタイ・バンコクを対象とした既往研究は、バンコク居住者の社会経済属性毎に異なる行動選好を考慮した代表的な研究である。本研究の目的は、TOD 型都市開発をバンコクで実施した場合の効果を評価する事であり、居住者の社会経済属性毎の交通行動や立地選択行動の差異を考慮した上で、TOD 型都市開発の効果を評価する事を試みている。この目的を達成するために、当該研究ではバンコクの居住者への約 1,000 票に及ぶアンケート調査を通じて、各社会経済属性と QOL 指標との関係性を明らかにしている。また、算出された QOL 指標を LUTI モデルに適用することで、社会経済属性毎の選好の差異を考慮した上で、交通行動と立地選択行動の評価を試みる、興味深い研究である。しかし、この研究の主な焦点は、社会経済属性毎の異質性を考慮した QOL 指標の推定に当てられており、LUTI モデルについては全体像の記載はあるものの、個別のモデルについては、人口・地代・一般化コスト・QOL 指標を用いた効用関数による集計ロジットモデルを採用している事が示されているのみであり、実用化された LUTI モデルによる評価という観点からは、理論背景に関する記載は乏しい。従い、アジア・ASEAN 地域の各都市の政策担当者が交通開発・都市開発の効果を判断する為に必要とする実用的な LUTI モデルによる評価という観点からは、更なる理論モデル構造の改善を要すると考えられる。

以上のように、これまでに実用化された LUTI モデルに家計の異質性を考慮した研究事例は限定的であり、ミクロ経済理論の基盤に基づく実用化された CUE モデルに家計の異質性を考慮する事は、アジア・ASEAN 地域に適用可能な実用的な LUTI モデルの構築といった観点からも非常に重要な取り組みであると考えられる。

5.3 Web アンケートを用いた家計の異質性の評価

本節では、家計の異質性を考慮した CUE モデルの開発に先駆け、家計の異質性を特定する事を目的に、神戸市の居住者を対象とした Web アンケートを実施する。本節では、主に家計の立地選択行動に関する社会経済属性毎の時間価値の差異について明らかにする。

5.3.1 Web アンケートの実施方法

LUTI モデルの家計の行動分析の基本思想は、分析対象エリア内の家計を同質世帯と捉えており、CUE モデルも同様である。前述の通り、アジア・ASEAN 地域に CUE モデルを適用する場合、社会的な経済格差を反映した家計の異質性を考慮する事が必要である。しかしながら、これまでの研究において、家計の異質性を考慮した立地選択行動に関する研究事例は少ない。そこで、本研究では立地選択行動に影響を与える家計の異質性のセグメントに関する特定を試みる。評価手法としては、Nakamura ら（2015年）⁶⁾⁷⁾⁸⁾と同様に Web アンケートを用いる事とし、以下の手順によりアンケートを実施する。

- 1) Web アンケートの前提条件を表 5-1 に示す。本分析では、神戸市各区とその周辺都市を含めた合計 22 市・区の居住者を対象とする。回答者の属性情報は、性別・年代・所得区分など 8 つの情報が得られている。今回の Web アンケートの合計サンプル数は 300 サンプルである。
- 2) Web アンケートの内容を表 5-2 に示す。この Web アンケートの主目的は、立地選択行動に影響を与える家計の異質性に関するセグメントを明確にすることである。居住地の立地選択を行う上で指標となる項目として、地代（家賃）・交通利便性・治安・災害リスク等の様々な指標が存在するが、本節では回答者の居住地選択に対する選好をシンプルに把握する事を目的に、指標を通勤時間と家賃の二つに絞り、一つの質問で 2 種類の通勤時間と家賃の組み合わせを提示する事とした。また、回答者の選択は、提示された 2 種類の通勤時間と家賃の組み合わせ以外に、“どちらともいえない”と“わからない”を加えた、4 種類の回答を選択できるものとし、回答者には 5 つの異なる通勤時間と家賃の組み合わせに関する質問を行った。尚、提示した質問内容の前提条件として、勤務先は都心部、住宅間取りは 3LDK、移動手段は公共交通である事とし、通勤時間と月額家賃以外の住環境は同じであるとしている。

図 5.1～図 5.5 にアンケートの基本集計結果として、代表的な結果について記す。

表 5-1 Web アンケートの前提条件

カテゴリー		項目
異質性 区分	1) 性別	男性, 女性
	2) 年代	20 歳代, 30 歳代, 40 歳代, 50 歳代
	3) 所得	400 万円以下, 400 万円~800 万円, 800 万円以上
	4) 居住地	回答者の居住地域
	5) 家族構成	独身, 夫婦, 夫婦+子供
	6) 世帯構成	一人暮らし, 家族と同居, 親と同居, 等
	7) 仕事	公務員, サラリーマン, 経営者, 等
	8) 居住施設	持家, 貸家, 社宅, 等
アンケート 内容	調査エリア	神戸市: 9 区, 神戸市周辺市: 13 市
	サンプル数	300 回答
	内容	表 5-2 参照

表 5-2 Web アンケートの内容

質問 No.	オプション : i	通勤時間 : t	家賃 : r
Q1	1)	10 分	16 万円
	2)	20 分	13 万円
Q2	1)	20 分	13 万円
	2)	30 分	11 万円
Q3	1)	30 分	11 万円
	2)	40 分	10 万円
Q4	1)	55 分	9 万円
	2)	70 分	8 万円
Q5	1)	70 分	8 万円
	2)	80 分	7.6 万円
各質問への 回答選択		A) オプション: 1)の選択 B) オプション: 2)の選択 C) いずれにも該当しない D) わからない	

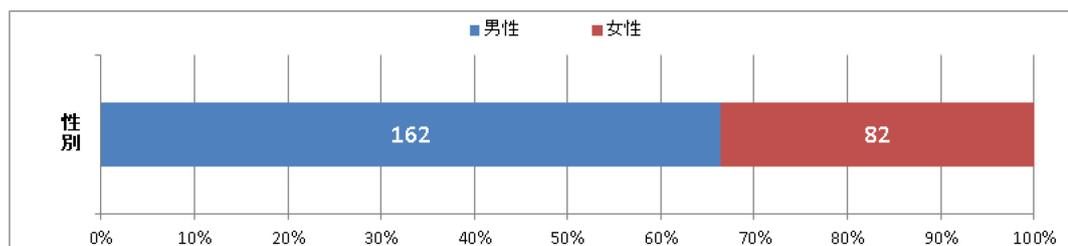


図 5-1 アンケート基本集計結果：性別（有効回答数：247）

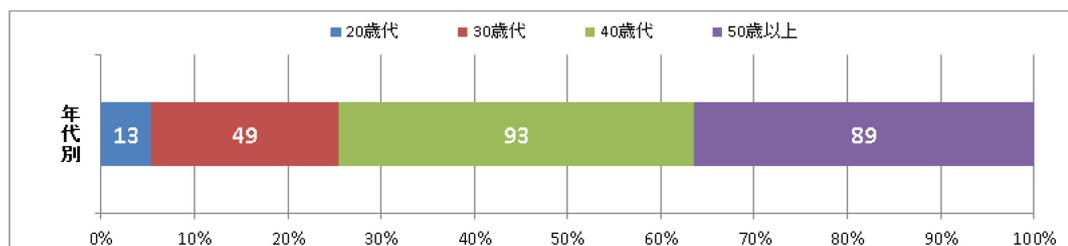


図 5-2 アンケート基本集計結果：年代別（有効回答数：247）

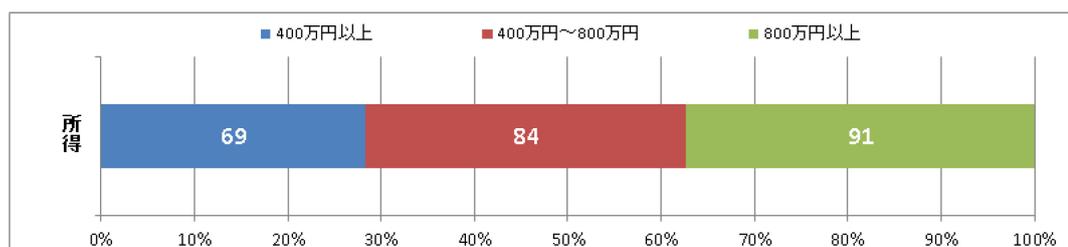


図 5-3 アンケート基本集計結果：所得（有効回答数：247）

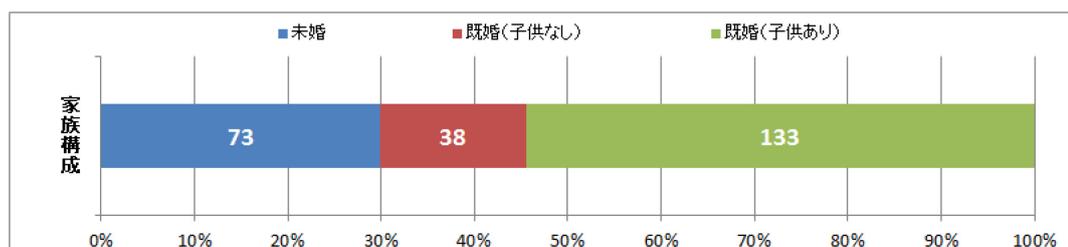


図 5-4 アンケート基本集計結果：家族構成（有効回答数：247）

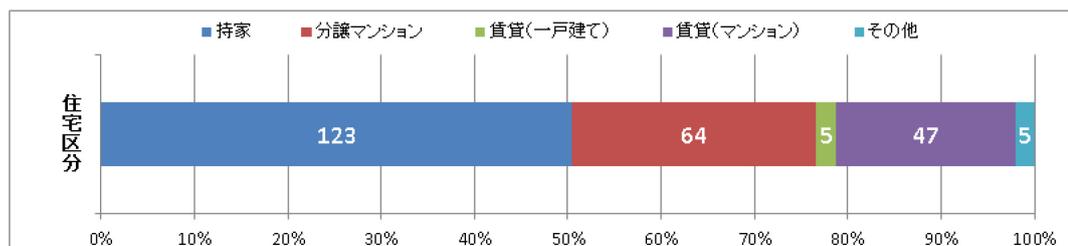


図 5-5 アンケート基本集計結果：住宅区分（有効回答数：247）

5.3.2 家計の異質性を考慮した時間価値の導出方法

Web アンケートにより得られた結果を基として、家計の異質性を考慮した時間価値について評価を行う。本分析では、式(5-1)から式(5-5)を用いて時間価値の算出を行う。式(5-1)は、異質性毎の家計の効用を示す式である。本ケースでは、Web アンケートの結果から、異質性毎の家計の効用を通勤時間と家賃の線形効用関数として表現し、通勤時間のパラメータ： α^n と家賃のパラメータ： β^n は、式(5-2)に示すロジットモデルと、式(5-3)及び式(5-4)に示す最尤推定法により推定を行う。異質性毎の家計の時間価値は、最尤推定法で算出した線形効用関数のパラメータを用いて、式(5-5)により算出を行っている。尚、今回実施したwebアンケートは個人単位で実施しているため、CUEモデルに適用する為には世帯単位に変換する必要がある。従い、本ケースでは世帯係数： γ (2.47) を乗じている。この世帯係数は平成22年の家計調査年報より、単身世帯人員と総世帯人員の比率により算出を行っている。

以上の手順により、本分析ではWebアンケート調査により得られた立地行動主体の属性毎に時間価値を導出し、特徴的な傾向を示す属性の特定を試みる。

$$V_i^n = \alpha^n \cdot t + \beta^n \cdot r \quad (5-1)$$

$$P^n(i) = \frac{\exp(V_i^n)}{\sum_i \exp(V_i^n)} \quad (5-2)$$

$$L = \prod_{n=1}^N \prod_{j=1}^J P^n(i)^{d_i^n} \quad (5-3)$$

$$\ln L = \sum_{n=1}^N \prod_{j=1}^J d_i^n \ln P^n(i) \quad (5-4)$$

$$\delta^n = \frac{\alpha^n}{\beta^n} \cdot \gamma \quad (5-5)$$

ここで、 n ：立地行動主体の属性を表すラベル、 V_i^n ：家計の効用関数、 t ：通勤時間、 r ：月額家賃、 α^n ：通勤時間パラメータ、 β^n ：月額家賃パラメータ、 $P^n(i)$ ：選択肢*i*の選択確率、 L ：尤度関数、 $\ln L$ ：対数尤度関数、 d_i^n ：個人*n*が選択肢*i*を選択したとき1、そうでないとき0、 δ^n ：時間価値、 α^{n*} ：(対数)尤度関数が最大になるときの α^n 、 β^{n*} ：(対数)尤度関数が最大になるときの β^n 、 γ ：世帯係数(=2.47)、を示す。

5.3.3 時間価値の推定結果

家計の異質性を考慮した時間価値の推定結果のうち、代表的な結果である「年代別」「所得別」「家族構成別」「住宅区分別」の4つの推定結果を表5-3～表5-6に示す。

表5-3は年代別の時間価値の推定結果を示している。世帯の年代別で評価した場合、世帯の年代が高くなるにつれ時間価値は減少するという結果を得た。これは、年代が進むにつれ教育費などの生活を維持する為の出費が多くなり、居住費への支出を抑制する意識が働くためであると考えられる。即ち、可処分所得の多い若年層は、立地選択行動に対して高い時間価値を有すると判断される。全世帯の時間価値を基準として比較評価した場合、20歳代と30歳代の世帯の時間価値は10%以上高く、40歳代の世帯の時間価値はほぼ同等、50歳代の世帯の時間価値は10%程度低いという結果を得た。尚、20歳代の世帯の時間価値はサンプル数が少なく尤度比も低い事から、過剰に大きな値を示している可能性を有する。この点については、将来的な課題として改善する必要がある。

表5-4は所得別の時間価値の推定結果を示している。立地選択行動に係る全世帯の平均的な時間価値は3,015円である。これに対して、世帯の所得区分で評価した場合、世帯所得が増加するにつれ時間価値も増加するという結果を得た。これは、世帯収入が多い程に都心部近傍にある好立地な住居を選好する傾向を示していると考えられる。全世帯の時間価値を基準として比較評価した場合、年収400万円以下の世帯の時間価値は20%以上低く、年収400-800万円の世帯の時間価値はほぼ同等、世帯年収800万円以上の世帯の時間価値は10%以上高いという結果を示している。

表5-5は家族構成別の時間価値の推定結果を示している。時間価値としては、未婚が最も低い時間価値を示したが、既婚（子供なし）・既婚（子供あり）との時間価値の差は僅かであり、家族構成別に時間価値を区分する事による明確な特徴・傾向を確認する事は出来なかった。

表5-6は住宅区分別の時間価値の推定結果を示している。結果、最も高い時間価値を示すのは、分譲マンションであり全世帯の時間価値と比較して10%程度高い時間価値を示す。これは、分譲マンションが比較的立地の良い駅周辺等に建設され、利便性を考慮した世帯が選好している傾向を示していると考えられる。一方、戸建て住宅については、駅周辺よりむしろ郊外地域に建設される事が多い事から、時間価値は3,000円/H弱と比較的低い値を示している。

以上の結果、立地選択行動については、「年代」と「所得」が大きな影響を与える傾向を確認した。次節以降、本傾向をCUEモデルに適用していく方向性について記す。

表 5-3 時間価値の算出結果：年代別

	全世帯		20歳代		30歳代		40歳代		50歳代													
	α^n	β^n	α^n	β^n	α^n	β^n	α^n	β^n	α^n	β^n												
パラメータ	-0.136	-1.116	-0.098	-0.538	-0.155	-1.145	-0.129	-1.068	-0.144	-1.308												
t 値	-13.9	-15.3	-2.5	-2.2	-6.9	-7.1	-8.2	-9.2	-8.8	-9.7												
尤度比	0.175		0.070		0.192		0.164		0.212													
有効サンプル数	244		13		49		93		89													
時間価値	<table border="1"> <caption>時間価値 (円/時間) 年代別</caption> <thead> <tr> <th>年代</th> <th>時間価値 (円/時間)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>全世帯</td> <td>3,015</td> </tr> <tr> <td>20歳代</td> <td>4,496</td> </tr> <tr> <td>30歳代</td> <td>3,369</td> </tr> <tr> <td>40歳代</td> <td>2,990</td> </tr> <tr> <td>50歳以上</td> <td>2,726</td> </tr> </tbody> </table>										年代	時間価値 (円/時間)	全世帯	3,015	20歳代	4,496	30歳代	3,369	40歳代	2,990	50歳以上	2,726
年代	時間価値 (円/時間)																					
全世帯	3,015																					
20歳代	4,496																					
30歳代	3,369																					
40歳代	2,990																					
50歳以上	2,726																					

表 5-4 時間価値の算出結果：所得別

	全世帯		400万円以下		400万円～800万円		800万円以上											
	α^n	β^n	α^n	β^n	α^n	β^n	α^n	β^n										
パラメータ	-0.136	-1.116	-0.089	-0.947	-0.143	-0.134	-0.171	-1.256										
t 値	-13.9	-15.3	-5.1	-7.0	-8.6	-9.3	-9.9	-10.1										
尤度比	0.175		0.134		0.184		0.223											
有効サンプル数	244		69		84		91											
時間価値	<table border="1"> <caption>時間価値 (円/時間) 所得別</caption> <thead> <tr> <th>所得別</th> <th>時間価値 (円/時間)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>全世帯</td> <td>3,015</td> </tr> <tr> <td>400万円以上</td> <td>2,329</td> </tr> <tr> <td>400万円～800万円</td> <td>3,123</td> </tr> <tr> <td>800万円以上</td> <td>3,369</td> </tr> </tbody> </table>								所得別	時間価値 (円/時間)	全世帯	3,015	400万円以上	2,329	400万円～800万円	3,123	800万円以上	3,369
所得別	時間価値 (円/時間)																	
全世帯	3,015																	
400万円以上	2,329																	
400万円～800万円	3,123																	
800万円以上	3,369																	

表 5-5 時間価値の算出結果：家族構成別

	全世帯		未婚		既婚（子供なし）		既婚（子供あり）												
	α^n	β^n	α^n	β^n	α^n	β^n	α^n	β^n											
パラメータ	-0.136	-1.116	-0.108	-0.907	-0.172	-1.410	-0.143	-1.170											
t 値	-13.9	-15.3	-6.4	-7.4	-6.4	-6.7	-10.7	-11.6											
尤度比	0.175		0.126		0.245		0.187												
有効サンプル数	244		73		38		133												
時間価値	<table border="1"> <caption>時間価値 (円/時間)</caption> <thead> <tr> <th>家族構成</th> <th>時間価値 (円/時間)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>全世帯</td> <td>3,015</td> </tr> <tr> <td>未婚</td> <td>2,945</td> </tr> <tr> <td>既婚（子供なし）</td> <td>3,016</td> </tr> <tr> <td>既婚（子供あり）</td> <td>3,025</td> </tr> </tbody> </table>									家族構成	時間価値 (円/時間)	全世帯	3,015	未婚	2,945	既婚（子供なし）	3,016	既婚（子供あり）	3,025
家族構成	時間価値 (円/時間)																		
全世帯	3,015																		
未婚	2,945																		
既婚（子供なし）	3,016																		
既婚（子供あり）	3,025																		

表 5-6 時間価値の算出結果：住宅区分別

	全世帯		持家		分譲 マンション		賃貸 [一戸建て]		賃貸 [マンション]		その他															
	α^n	β^n	α^n	β^n	α^n	β^n	α^n	β^n	α^n	β^n	α^n	β^n														
パラメータ	-0.14	-1.12	-0.13	-1.12	-0.14	-1.06	-0.11	-0.90	-0.13	-1.22	-0.21	-1.44														
t 値	-13.9	-15.3	-9.7	-10.8	-7.4	-1.9	-1.6	-1.9	-6.1	-6.9	-2.6	-2.5														
尤度比	0.175		0.173		0.169		0.127		0.195		0.289															
有効サンプル数	244		123		64		5		47		5															
時間価値	<table border="1"> <caption>時間価値 (円/時間)</caption> <thead> <tr> <th>住宅区別</th> <th>時間価値 (円/時間)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>全世帯</td> <td>3,015</td> </tr> <tr> <td>持家</td> <td>2,927</td> </tr> <tr> <td>分譲マンション</td> <td>3,341</td> </tr> <tr> <td>賃貸（一戸建て）</td> <td>3,065</td> </tr> <tr> <td>賃貸（マンション）</td> <td>2,723</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>3,667</td> </tr> </tbody> </table>												住宅区別	時間価値 (円/時間)	全世帯	3,015	持家	2,927	分譲マンション	3,341	賃貸（一戸建て）	3,065	賃貸（マンション）	2,723	その他	3,667
住宅区別	時間価値 (円/時間)																									
全世帯	3,015																									
持家	2,927																									
分譲マンション	3,341																									
賃貸（一戸建て）	3,065																									
賃貸（マンション）	2,723																									
その他	3,667																									

5.4 家計の異質性を考慮した CUE モデルの構築

5.4.1 CUE モデルの改良方針

本節では、前節で実施した家計の各属性区分の時間価値の推定結果を踏まえ、家計の異質性を考慮した CUE モデル構築の概要を説明する。尚、本研究では検討の簡略化の為、家計市場に限定して検討を行う。本研究の主題となる家計の異質性セグメントは n_s で表現し、5.3.3 節の Web アンケートの推定結果を基に設定する。尚、本検討では、セグメント区分なし： n_1 、年代区分： n_2 の2種類を設定する。

図 5-6 に家計の異質性を考慮した CUE モデルの全体構造を示す。家計の異質性は、交通モデルと土地利用モデルに家計の異質性毎の時間価値： δ^{n_s} を適用する事によりモデル化を行う。まず、交通モデルでは、式(5-12)で算出される一般化費用： $t_{ijk}^{n_s}$ に時間価値： δ^{n_s} を適用する。この時間価値が、交通手段モデルの効用関数(式(5-8)～式(5-11))に適用され、各パラメータを最尤推定法により推定する事により、属性毎の差異が反映される。また、交通手段モデルの効用関数(式(5-8)～式(5-11))は、目的地選択モデルの式(5-15)で求められるアクセシビリティ： $ACC_{ij}^{n_s m}$ の構成因子として代入され、アクセシビリティ： $ACC_{ij}^{n_s m}$ が式(5-14)の効用関数の説明因子として適用される。その後、目的地選択モデルのパラメータを最尤推定法で推定する事により、各属性の差異が反映される。尚、属性毎のパラメータを推定する為には、パーソントリップが属性毎に集計可能である必要がある。近畿圏パーソントリップの場合、年代毎に集計できるが、年収別の集計は実施出来ない。この様に、準備可能なデータセットによって、家計の異質性を考慮できるかが決定される事となる。

次に、土地利用モデルでは式(5-22)で表される私事トリップ費用： $q_i^{n_s h}$ に時間価値： δ^{n_s} を適用する。この私事トリップ費用： $q_i^{n_s h}$ は、式(5-20)の間接効用関数： $V_i^{Hn_s}$ に含まれ、間接効用関数 $V_i^{Hn_s}$ は、式(5-23)で示される立地選択モデル $P_i^{Hn_s}$ に含まれるため、立地選択行動の選択結果には、家計の属性を考慮することの効果が反映される。尚、式(5-20)の間接効用関数： $V_i^{Hn_s}$ に関して、所得： $I_i^{n_s}$ と支出配分パラメータ： $\alpha_z^{n_s}, \alpha_a^{n_s}, \alpha_x^{n_s}$ は公開データより属性毎の値を適用している。ここで、土地利用モデルに家計の異質性を考慮する為には、人口もしくは従業員数が属性毎に集計可能である必要がある。日本の場合は国勢調査が厳密に実施されているので、多くの場合において対応が可能である。

以上の通り、本節では従来の CUE モデルに家計の異質性を考慮した、新たな CUE モデルの全体構造について説明を行った。次節では、当該 CUE モデル(エージェント：家計と不在地主に限る)の詳細な理論モデルの構成について、順を追って記す。

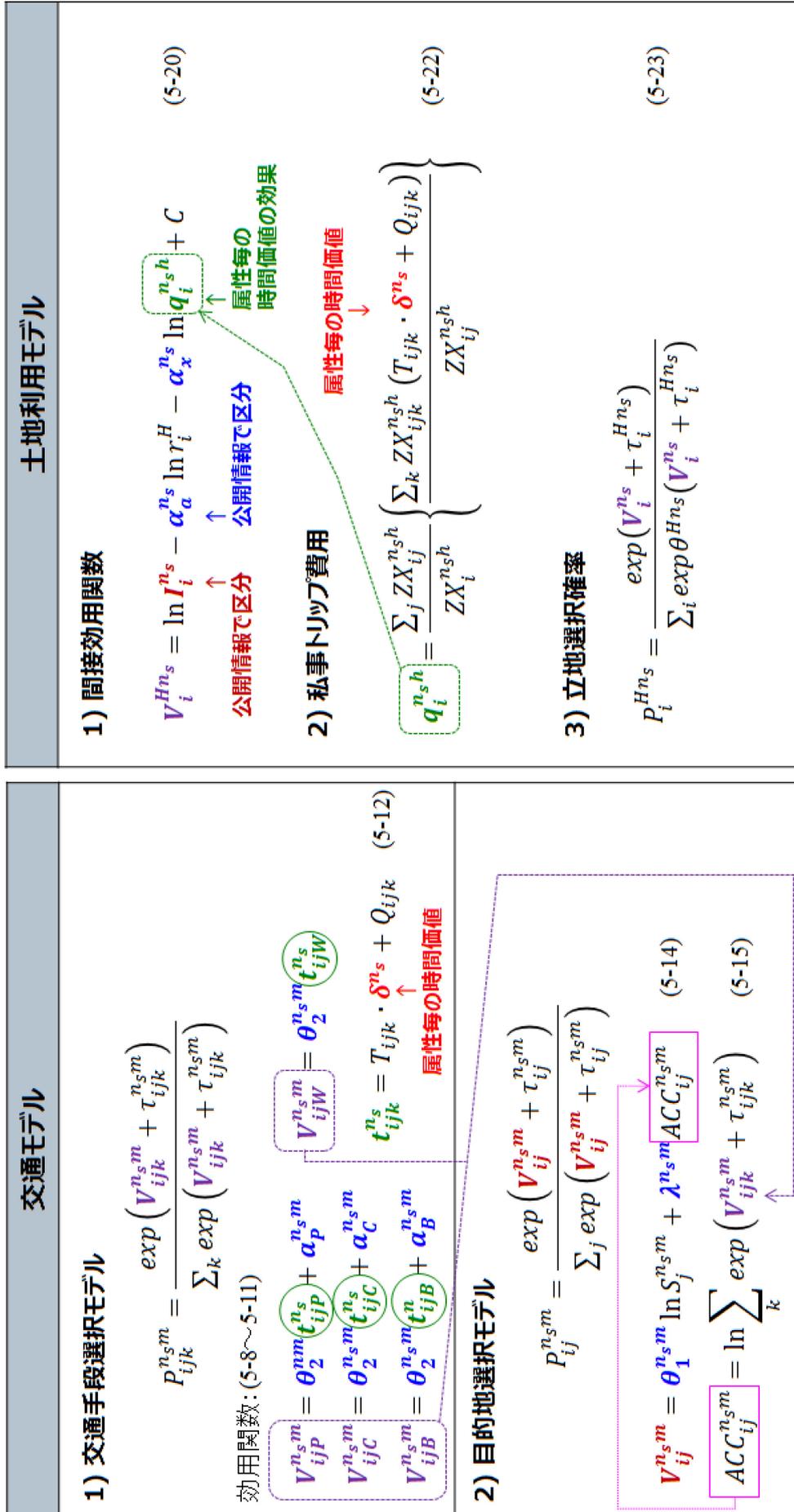


図 5-6 家計の異質性を考慮した CUE モデルの構造

5.4.2 家計の異質性を考慮した交通モデルの定式化

本節では、前節で示した家計の異質性を考慮した CUE モデルの全体構造を、理論モデルとして詳細に記す。尚、モデルの前提条件や基本構造は、1.4 節で示したものと同一である。

5.4.2.1 交通量発生モデル

交通量発生モデルは、家計の異質性と行動目的に応じて、式(5-6)により算出する。尚、一人当たりの発生トリップ数は H22 近畿圏 PT 調査を基に算出し、ゾーン人口数は土地利用モデルで出力される値を適用する。

$$ZX_i^{n_s m} = \mu_i^{n_s m} N_i^{n_s} \quad (5-6)$$

- i : ゾーンを表すラベル
- n_s : 家計の属性情報の種類を表すラベル
 - : s = 1 セグメント分けなし
 - : s = 2 家計の異質性を考慮 : 年代区分
 - : $n_2 \in (20: 20歳代, 30: 30歳代, 40: 40歳代, 50: 50歳代)$
- m : 行動目的を表すラベル
 - m \in (w: 通勤, s: 通学, h: 私事トリップ)
- $ZX_i^{n_s m}$: 目的別トリップ数
- $\mu_i^{n_s m}$: 目的別一人当たりトリップ数
- $N_i^{n_s}$: ゾーン別人口数

5.4.2.2 交通手段選択モデル

交通手段選択は、効用関数と調整項で構成されるロジットモデルにより推定する。効用関数の説明変数は、各交通手段の一般化コストで構成されている。本研究では、式(5-5)で算出された家計の異質性を反映した時間価値： δ^{n_s} を、式(5-12)の一般化コスト： $t_{ijk}^{n_s}$ を算出する為の変数として適用している。これにより、効用関数のパラメータを推定する際に家計の異質性毎の差異を包含する事が可能となり、交通手段選択に各家計の状態に応じた選好の差異を加味する事を可能としている。

$$P_{ijk}^{n_s m} = \frac{\exp(V_{ijk}^{n_s m} + \tau_{ijk}^{n_s m})}{\sum_k \exp(V_{ijk}^{n_s m} + \tau_{ijk}^{n_s m})} \quad (5-7)$$

$$V_{ijP}^{n_s m} = \theta_2^{nm} t_{ijP}^{n_s} + a_P^{n_s m} \quad (5-8)$$

$$V_{ijC}^{n_s m} = \theta_2^{n_s m} t_{ijC}^{n_s} + a_C^{n_s m} \quad (5-9)$$

$$V_{ijB}^{n_s m} = \theta_2^{n_s m} t_{ijB}^{n_s} + a_B^{n_s m} \quad (5-10)$$

$$V_{ijW}^{n_s m} = \theta_2^{n_s m} t_{ijW}^{n_s} \quad (5-11)$$

$$t_{ijk}^{n_s} = T_{ijk} \cdot \delta^{n_s} + Q_{ijk} \quad (5-12)$$

k : 交通手段を表すラベル

k ∈ (P: 公共交通 (鉄道・バス), C: 自家用車, B: 自転車, W: 徒歩)

$P_{ijk}^{n_s m}$: 交通手段選択確率 (機関分担率)

$V_{ijk}^{n_s m}$: 交通手段選択確率の間接効用関数

$\tau_{ijk}^{n_s m}$: 交通手段選択確率の調整項

$t_{ijk}^{n_s}$: 各家計属性: n_s の一般化費用

$\theta_2^{n_s m}$: 一般化費用のパラメータ

$a_k^{n_s m}$: 定数項

T_{ijk} : ij 間の交通手段別の移動所要時間

Q_{ijk} : ij 間の交通手段別の運賃

δ^{n_s} : 各家計属性: n_s の時間価値

5.4.2.3 目的地選択モデル

目的地選択は、効用関数と調整項で構成されるロジットモデルにより推定する。効用関数の説明変数は、目的地の集客力指標とゾーン間のアクセシビリティ指標により構成されている。尚、集客力指標について、通勤・私事トリップは企業の多く立地しているゾーンや第3次産業が集中しているゾーンを選好すると仮定し、目的地ゾーンの従業者数を集客力指標としている。また、通学トリップは、学校が住宅地にあることが多い事から人が密集しているゾーンに学校が多く立地していると仮定し、目的地ゾーンの人口数を集客力指標としている。

本研究では、家計の異質性を反映した式(5-8)から式(5-11)の効用関数： $V_{ij}^{n_s m}$ を用いて、式(5-15)によりアクセシビリティ指標を算出する。これにより、効用関数のパラメータを推定する際に家計の異質性毎の差異を包含する事が可能となり、目的地選択に各家計の状態に応じた選好の差異を加味する事を可能としている。

$$P_{ij}^{n_s m} = \frac{\exp(V_{ij}^{n_s m} + \tau_{ij}^{n_s m})}{\sum_j \exp(V_{ij}^{n_s m} + \tau_{ij}^{n_s m})} \quad (5-13)$$

$$V_{ij}^{n_s m} = \theta_1^{n_s m} \ln S_j^{n_s m} + \lambda^{n_s m} ACC_{ij}^{n_s m} \quad (5-14)$$

$$ACC_{ij}^{n_s m} = \ln \sum_k \exp(V_{ijk}^{n_s m} + \tau_{ijk}^{n_s m}) \quad (5-15)$$

$P_{ij}^{n_s m}$: 目的地選択確率

$V_{ij}^{n_s m}$: 目的地選択確率の間接効用関数

$\tau_{ij}^{n_s m}$: 調整項

$S_j^{n_s m}$: 目的地の集客力指標

(通学トリップ: 夜間人口, 通勤・私事トリップ: 第三次産業従業員)

$ACC_{ij}^{n_s m}$: アクセシビリティ指標

$\theta_1^{n_s m}$: 集客力指標のパラメータ

$\lambda^{n_s m}$: アクセシビリティ指標のパラメータ

5.4.3 家計の異質性を考慮した土地利用モデルの定式化

5.4.3.1 家計の行動モデル

家計の効用関数を対数線形にて特定化し時間資源を含む総所得制約下の効用最大化問題として、家計の財消費行動モデルを特定化する。

$$V_i^{Hn_s} = \max_{z_i^{Hn_s}, a_i^{Hn_s}, x_i^{Hn_s}} (\alpha_z^{n_s} \ln z_i^{Hn_s} + \alpha_a^{n_s} \ln a_i^{Hn_s} + \alpha_x^{n_s} \ln x_i^{Hn_s}) \quad (5-16)$$

$V_i^{Hn_s}$: ゾーンiの間接効用関数

$z_i^{Hn_s}$: 合成財の消費量

$a_i^{Hn_s}$: 住宅地消費量

$x_i^{Hn_s}$: 私事トリップ消費量

$\alpha_z^{n_s}, \alpha_a^{n_s}, \alpha_x^{n_s}$: 支出配分パラメータ

r_i^H : 居住地地代

$q_i^{n_s h}$: 私事トリップコスト

$q_i^{n_s c}$: 通勤トリップコスト

$I_i^{n_s}$: 所得

式(5-16)を効用最大化問題で解く事により、各財の需要関数と間接効用関数が導出される。本研究では、家計の異質性の効果は、所得： $I_i^{n_s}$ 、支出配分パラメータ： $\alpha_z^{n_s}, \alpha_a^{n_s}, \alpha_x^{n_s}$ 、私事トリップ費用： $q_i^{n_s h}$ に考慮する事により、モデル化を行っている。所得と支出配分パラメータについては、自治体より公開されている情報を用いて設定を行っている。

$$z_i^{Hn_s} = \alpha_z I_i^{n_s} \quad (5-17)$$

$$a_i^{Hn_s} = \frac{\alpha_a}{r_i^H} I_i^{n_s} \quad (5-18)$$

$$x_i^{Hn_s} = \frac{\alpha_x}{q_i^{n_s h}} I_i^{n_s} \quad (5-19)$$

$$V_i^{Hn_s} = \ln I_i^{n_s} - \alpha_a^{n_s} \ln r_i^H - \alpha_x^{n_s} \ln q_i^{n_s h} + C \quad (5-20)$$

$$C = \alpha_z^{n_s} \ln \alpha_z^{n_s} + \alpha_a^{n_s} \ln \alpha_a^{n_s} + \alpha_x^{n_s} \ln \alpha_x^{n_s} \quad (5-21)$$

土地利用モデルの間接効用関数に代入される私事トリップ費用は、ゾーン間の私事トリップ数の加重平均を用いて算出する。本研究では、式(5-22)により算出される私事トリップ費用： $q_i^{n_s h}$ に対して、式(2-5)で算出した時間価値： δ^{n_s} を適用する事により、家計の異質性の効果を考慮する。

$$q_i^{n_s h} = \frac{\sum_j ZX_{ij}^{n_s h}}{ZX_i^{n_s h}} \left\{ \frac{\sum_k ZX_{ijk}^{n_s h} (T_{ijk} \cdot \delta^{n_s} + Q_{ijk})}{ZX_{ij}^{n_s h}} \right\} \quad (5-22)$$

- $q_i^{n_s h}$: 私事トリップコスト
- $ZX_i^{n_s h}$: ゾーンiからの私事トリップ数
- $ZX_{ij}^{n_s h}$: ゾーンiからゾーンjまでの私事トリップ数
- T_{ijk} : ゾーンiからゾーンjまでのトリップ時間
- Q_{ijk} : ゾーンiからゾーンjまでの移動運賃
- δ^{n_s} : 各家計属性: n_s の時間価値

立地選択行動は、間接効用関する調整項により構成されるロジットモデルにより推知を行う。尚、家計の異質性毎の人口規模は、立地選択確率に各家計の異質性区分ごとの総人口数を乗じる事により算出を行う。

$$P_i^{Hn_s} = \frac{\exp(V_i^{n_s} + \tau_i^{Hn_s})}{\sum_i \exp \theta^{Hn_s} (V_i^{n_s} + \tau_i^{Hn_s})} \quad (5-23)$$

$$N_i^{n_s} = P_i^{Hn_s} \cdot N_T^{n_s} \quad (5-24)$$

- 、
- $P_i^{Hn_s}$: 異質性区分: n_s 毎の立地選択確率
 - $V_i^{Hn_s}$: ゾーン i の間接効用関数
 - $\tau_i^{Hn_s}$: 調整項
 - θ^{Hn_s} : 支出配分パラメータ
 - $N_i^{n_s}$: 各ゾーンの異質性区分: n_s の総人口数
 - $N_T^{n_s}$: 異質性区分: n_s 毎の総人口数

家計の土地需要量: D_i^{Hn} は、式(5-24)の各ゾーンの人口に一人当たりの土地面積を乗じることで算出される。

$$ZA_i^H = a_i^{Hn_s} \cdot N_i^{n_s} \quad (5-25)$$

- ZA_i^H : 居住地の土地需要量
- $a_i^{Hn_s}$: 居住地の土地消費量
- $N_i^{n_s}$: 各ゾーンの異質性区分: n_s の総人口数

5.4.3.2 不在地主の行動モデル

不在地主は、家計に対して住宅地を供給する。不在地主の土地供給関数は利潤最大化問題を解くことで、式(5-26)のように表される。

$$y_i^H = \left(1 - \frac{\sigma_i^H}{r_i^H}\right) Y_i^{HO} \quad (5-26)$$

- y_i^H : 居住地の土地供給量
- Y_i^{HO} : 居住地の利用可能面積
- r_i^H : 居住地の地代
- σ_i^H : パラメータ

5.4.3.3 均衡条件

住宅地市場の均衡条件は式(4.12), 式(4.13)で表される. 式(5.12)は住宅地市場での需要と供給の一致を表し, 式(4.13)は総家計数制約を表す.

■ 居住地市場の需要と供給の均衡条件

$$y_i^H = \sum_n ZA_i^{Hn_s} \quad (5-27)$$

y_i^H : 居住地の土地供給量

ZA_i^H : 居住地の土地需要量

■ 人口数の均衡条件

$$\sum_i N_i^{n_s} = N_T^{n_s} \quad (5-28)$$

$N_i^{n_s}$: 各ゾーンの異質性区分: n_s の総人口数

$N_T^{n_s}$: 異質性区分: n_s 毎の総人口数

5.5 家計の異質性を考慮した CUE モデルの神戸市の事後評価への適用

5.5.1 分析方針

家計の異質性を考慮した CUE モデルの効果の検証を行う為、本研究では神戸市を対象としてモデルの構築を行う。また、本モデルの効果の評価する為に、2つの交通施策に関するシナリオを設定し、それらを実施した場合の土地利用と交通に与える影響について評価を行う。さらに、また、家計異質性のセグメントを分けない従来の CUE モデルによるシミュレーション結果と比較を行う事により、従来の評価結果との差異について明確にする。

5.5.2 データセットの設定

神戸市は 9 区で構成される政令指定都市である。本研究では、居住者の行動選好を詳細に評価する為に、図 5-7 に示すように当該地域を 27 ゾーンに分割し評価を行う。尚、このゾーン区分けは、パーソントリップ調査の区分と同一である。表 5-7 は神戸市各区とゾーン番号の対応を示し、表 5-8 はデータセットの整備に利用した各データの一覧である。今回設定したデータセットは、省庁もしくは自治体より公開されている情報を用いている。参考として、図 5-8 に人口分布（居住者分布）に関する、全世帯の分布と年代別の分布について記す。家計の異質性を考慮した CUE モデルでは、各ゾーンにおける属性毎の居住者数に応じて、各行動選好の評価を行うこととなる。

次に、図 5-9 に表 5-8 に示した情報を基に作成した公共交通と道路のネットワークを示す。道路ネットワークの各リンクの速度設定に関しては、デジタル道路地図に定義されている規制速度を適用している。また、速度の設定が無い細街路は、10km/h として設定した。尚、本研究では検討の簡素化を目的に交通混雑を考慮していない。その為、各リンクの交通容量は無量大と設定している。公共交通ネットワークに関しては、鉄道、新交通、バスのネットワークを構築した。各鉄道の交通容量の設定については、道路ネットワークと同様に無量大としている。

交通モデルにおけるゾーン間の一般化費用の設定方法は、作成した道路ネットワークと公共交通ネットワークを基に、交通手段別（乗用車、公共交通【鉄道・バス】、自転車、徒歩）にゾーン間一般化費用を算出している。各交通手段のゾーン間一般化費用の算出方法は以下のとおりである。

- ▶ 乗用車：作成した道路ネットワークに対して、JICA STRADA（交通需要予測ツール）を用いて、All or Nothing 配分を行うことにより、ゾーン間一般化費用を算出する。
- ▶ 公共交通：作成した公共交通ネットワークに対して、JICA STRADA を用いて、

All or Nothing 配分を行うことにより，ゾーン間一般化費用を算出する．尚，アクセスリンクは，本研究ゾーン中心から最寄りのバス停留所ノードに結合し，バスの初乗り運賃を与え，当該バス停の運行頻度をもとに待ち時間を算出し，アクセスリンクのリンク長に加算している．さらに，バス停と鉄道駅，鉄道駅と鉄道駅のための乗換リンクについては，当該バス停，鉄道駅の運行頻度をもとに待ち時間を算出し乗換リンクのリンク長に加算し，乗換にかかる初乗り運賃も加えている．

- ▶ 自転車：道路ネットワークにおける各リンクの速度を 10km/h とし，JICA STRADA を用いて All or Nothing 配分を行い，ゾーン間一般化費用を算出する．
- ▶ 徒歩：道路ネットワークにおける各リンクの速度を 4.8km/h とし，JICA STRADA を用いて All or Nothing 配分を行い，ゾーン間一般化費用を算出する．

最後に，目的別手段別 OD 表の生成方法について，H22 近畿圏 PT 調査を基に OD トリップを目的別手段別に集計する事により生成を行っている．尚，集計区分については，同パーソントリップデータの収録区分である 21 の交通モードに対して，先に述べた 4 種類の交通手段（乗用車，公共交通【鉄道・バス】，自転車，徒歩）に集計を行っている．

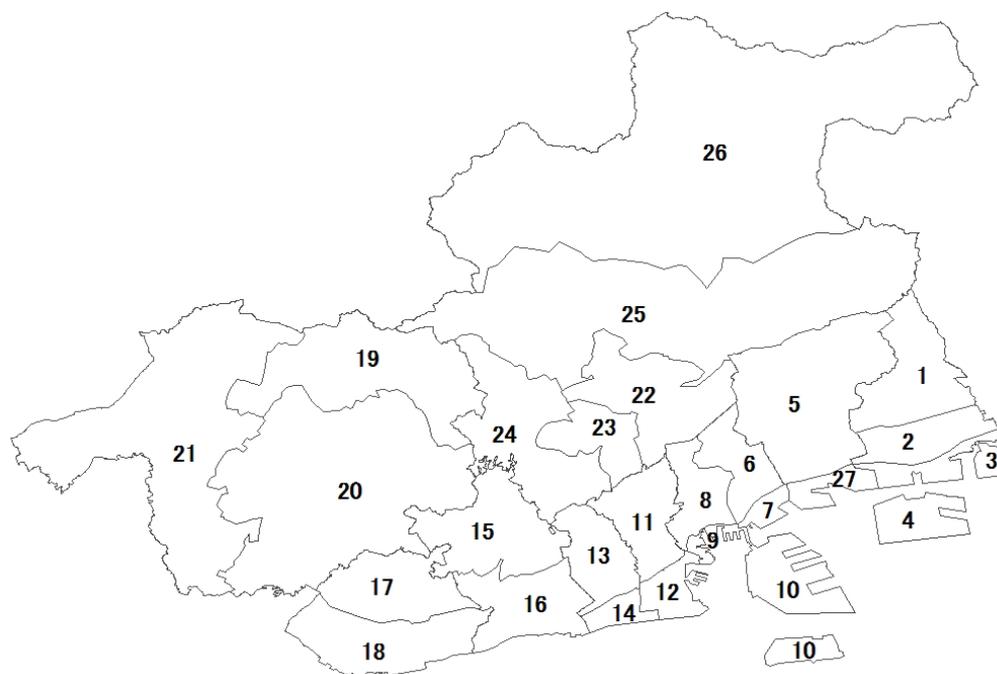


図 5-7 神戸市のゾーン区分（合計：27ゾーン）

表 5-7 ゾーン番号と神戸市各区の対応表

区	ゾーン番号
東灘区	1, 2, 3, 4
灘区	5, 27
中央区	6, 7, 8, 9, 10
兵庫区	11, 12
長田区	13, 14
須磨区	15, 16
垂水区	17, 18
西区	19, 20, 21
北区	22, 23, 24, 25, 26

表 5-8 CUEモデルの評価に用いたデータセットと出典

モデル	項目	出典	
交通 モデル	OD データ	近畿圏パーソントリップ調査(2010)	
	道路ネットワーク	デジタル道路地図(DRM)	
	公共交通	鉄道	国土数値情報(2010)
		バス	デジタル道路地図(DRM) 国土数値情報(2010)
土地利用 モデル	人口	国勢調査(2010)	
	従業員	経済センサス(2009)	
	地代	地価公示(2010) 都道府県地価調査作成(2009, 2010) *地価ポイントのない場合にはクリギングで補正	
	居住地面積	国土数値情報土地利用細分メッシュデータから作成(2006)	
	居住地利用可能面積		
	所得	住宅・土地統計調査(2015)	
	支出配分パラメータ	家計調査年報(2015)	

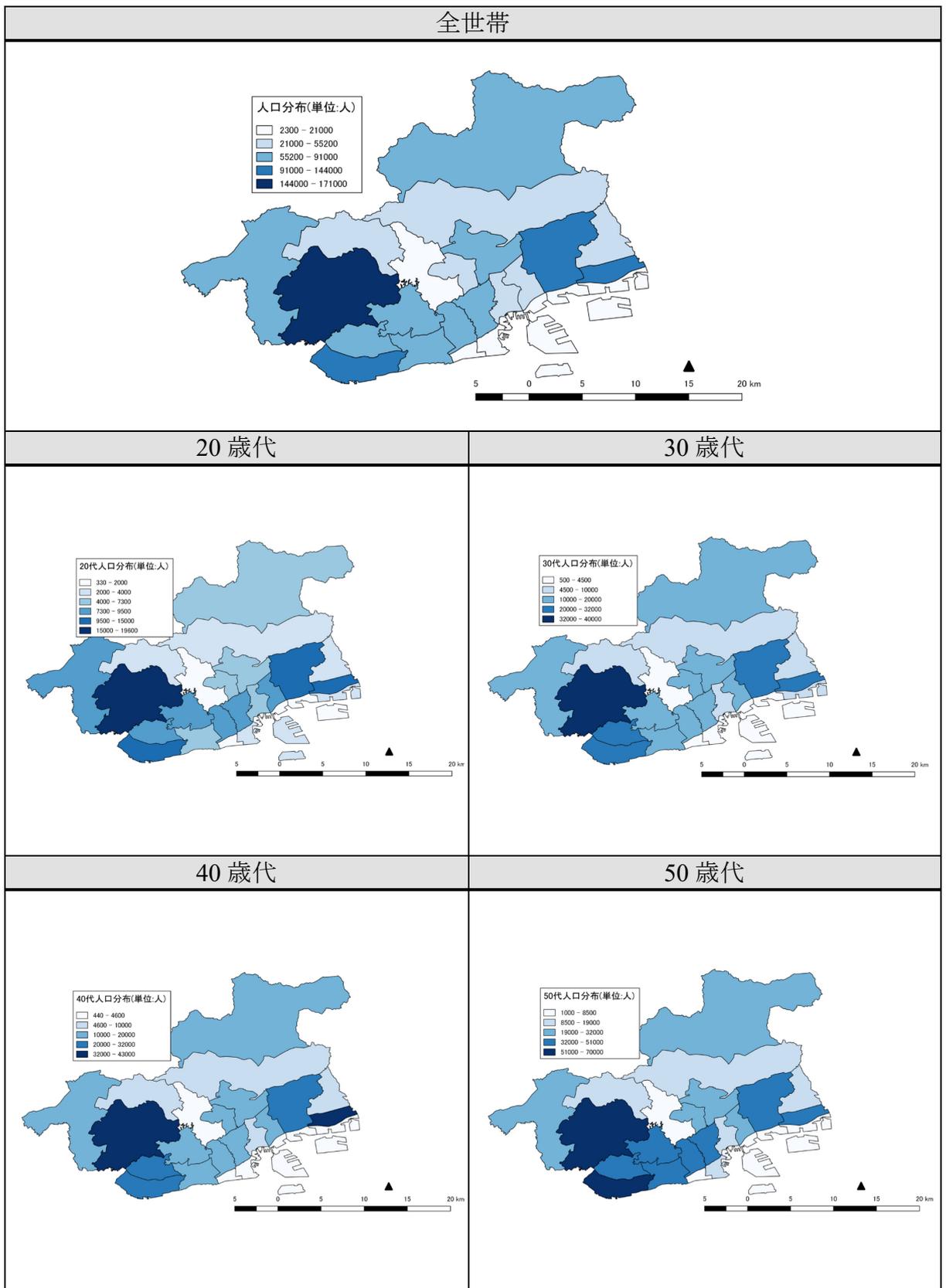
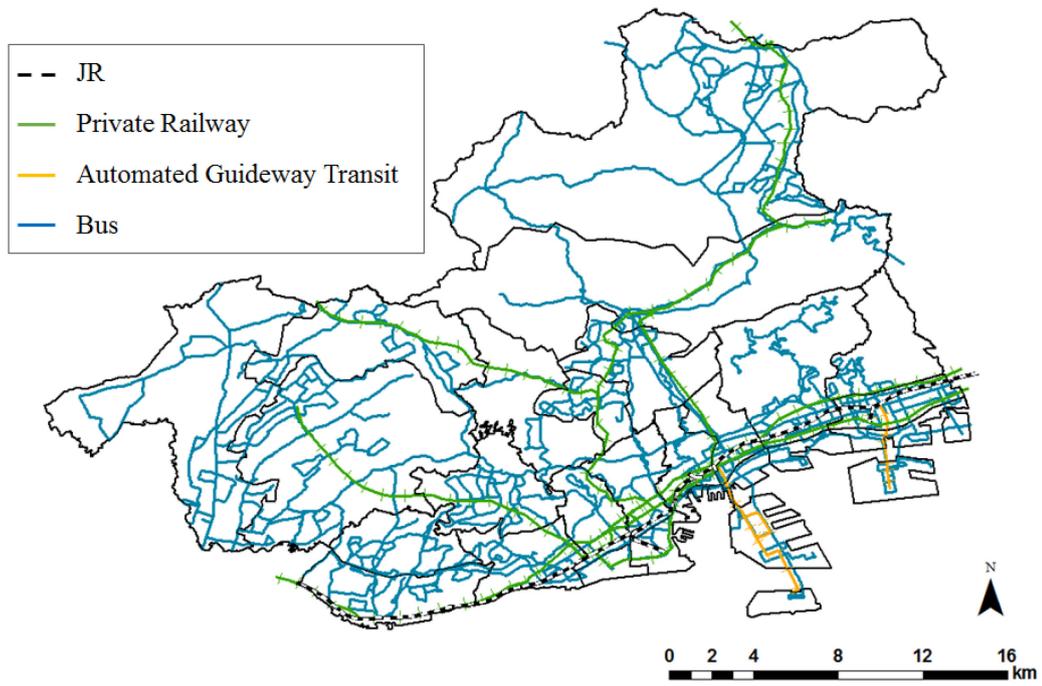
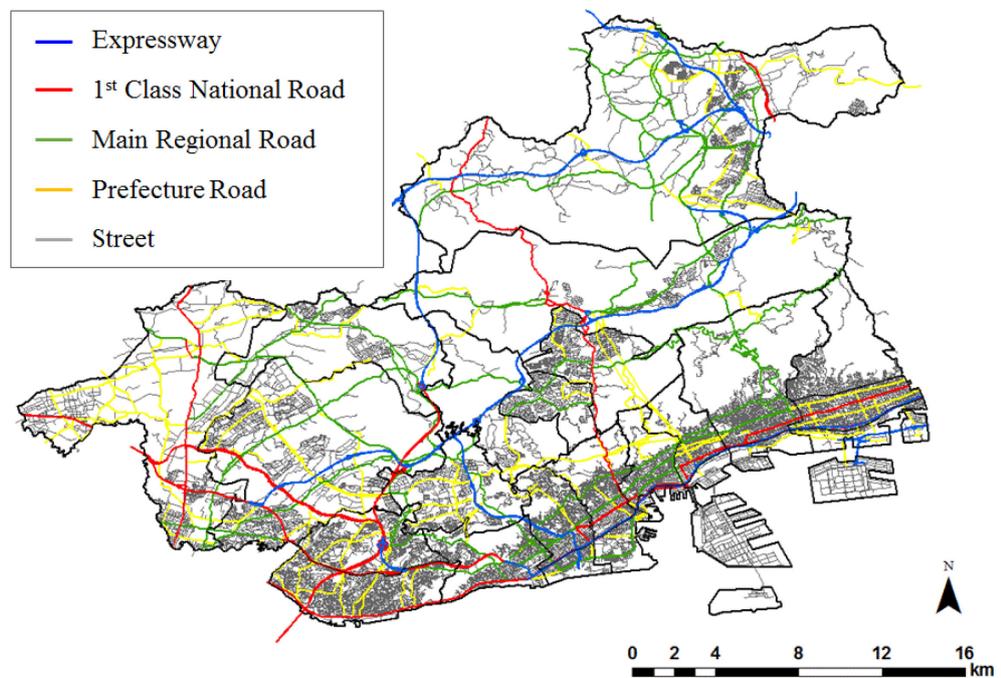


図 5-8 年代別の各ゾーン人口分布 (居住者分布)



a) 公共交通



b) 道路交通

図 5-9 交通ネットワーク

5.5.3 シミュレーションモデルとシナリオの設定

表 5-9 は、本分析で実施するシミュレーションモデルの一覧を示す。本分析では、家計の異質性を考慮する説明因子に応じて合計 5 種類のシミュレーションモデルを設定し比較分析を行うことにより、家計の異質性を考慮する事による影響度を評価する。

Model 1 は家計の異質性を考慮しない従来の CUE モデルであり、Model 2 から Model 5 の比較対象として設定を行う。Model 2 から Model 5 は年代別の家計の異質性を考慮した場合のシミュレーションモデルであるが、土地利用モデルと交通モデルの影響度を把握する為に、4 段階に分けて評価を行う。Model 2 と Model 3 は土地利用モデルに家計の異質性を考慮したケースである。これらのケースを分割した理由は、支出配分パラメータに異質性を考慮する事による影響度を把握する為である。Model 4 は交通モデルに家計の異質性を考慮した場合の効果を把握する事を目的に設定している。Model 5 は土地利用モデルと交通モデルの影響が同時に作用した場合の影響度について把握する事を目的に設定を行った。尚、家計の異質性を考慮しない因子については、Model 1 と同様の値を適用している。

尚、年代別の異質性を考慮した場合の時間価値は、20 歳から 50 歳まで導出しているが、その他の年代については導出を行っていない。従い、分析を行う際の人口区分は、0 歳から 9 歳までは 30 歳代のデータと統合、10 歳から 19 歳までは 40 歳代と統合、60 歳以上は 50 歳代と統合を行った。

表 5-9 シミュレーションモデルの一覧

			Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
家計の異質性の考慮区分			区分なし (従来)	年代毎に区分			
適用 状態 の 異 質 性	土地利用 モデル	所得	-	✓	✓	-	✓
		私事トリップ コスト	-	✓	✓	-	✓
		支出配分 パラメータ	-	-	✓	-	✓
	交通モデル	-	-	-	✓	✓	

続いて、シミュレーションを実施する上での想定シナリオについて、表 5-10 に示す。本検討では、神戸市内の公共交通の利用改善を想定した 2 つのシナリオを設定し、これらのシナリオを実行した場合の立地選択行動と交通行動の影響について評価を行う。

表 5-10 シミュレーションシナリオ

シナリオ	内容	1 想定する状況
A)	バスの平均運行速度 : 20%上昇	- PTPS : Public Transportation Priority System の導入 - 交通渋滞緩和を目的とした乗用車の入場規制
B)	公共交通の運賃 : 20%割引	- 自治体によるモーダルシフト促進に向けた施策の導入, など

5.5.4 パラメータの設定・推定結果

本分析で用いる時間価値を表 5-11 に示す。各シミュレーションモデルの時間価値は、5.3 節において実施した Web アンケートの結果を基に導出した時間価値と同値である。

続いて、表 5-12 は土地利用モデルの支出配分パラメータを示している。本値は、表 5-8 で示した通り、2015 年の家計調査年報を基に、“住居費用”を“消費支出額”で除することによって算出する。また、合成材： α_z^{ns} の支出配分パラメータは、土地： α_a^{ns} と交通トリップ： α_x^{ns} の支出配分パラメータとの総和が 1 になる様に設定している。また、表 5-13 は所得の一覧を示している。全世帯の平均は約 5,672 千円であり、30 歳代の平均所得とほぼ近い値を示す。また、図 5-10 は式(5-22)を基に算出した、各シナリオ・各モデルにおける属性毎の私事トリップ費用を示す。交通モデルに家計の異質性を考慮する Model4・5 では年代毎に交通手段・目的地の選好に差異が生じる為、各ゾーンにおける属性間の私事トリップ費用の相関関係が一定でない様子が伺える。

最後に、表 5-14 と表 5-15 は交通モデルの交通手段選択モデルと目的地選択モデルに適用される各パラメータの推定結果を示している。各パラメータは、表 5-8 に示したデータセットと表 5-9 に示したシミュレーションモデルに応じた家計の異質性の適用区分により、5.4.2 節で示した各選択モデルの理論モデルに準じて、最尤推定法を用いて推定を行っている。

尚、家計の異質性を年代毎に区分した場合の所得は、表 5-8 に示す公開情報を基として、ゾーン毎・年代毎に設定を行った。また、通学目的/50 歳代はデータ数が少なく健全な推定が困難であった為、通勤目的/50 歳代に統合する処置を施した。

表 5-11 時間価値の一覧【円/時間】

1		Model 1	Model 2 から Model 5			
		全世代	20 歳代	30 歳代	40 歳代	50 歳代
時間価値	δ^{ns}	3,015	4,496	3,359	2,990	2,726

表 5-12 土地利用モデルのパラメータ

		Model 1, Model 2 & Model 4	Model 3 & Model 5			
		全世代	20 歳代	30 歳代	40 歳代	50 歳代
支出配分 パラメータ	α_z^{ns}	0.898	0.788	0.864	0.918	0.919
	α_a^{ns}	0.078	0.172	0.113	0.059	0.060
	α_x^{ns}	0.023	0.040	0.023	0.023	0.021

表 5-13 所得の一覧【千円】

		Model 1	Model 2 から Model 5			
		全世代	20 歳代	30 歳代	40 歳代	50 歳代
所得	I	5,672	3,595	5,393	6,261	6,896

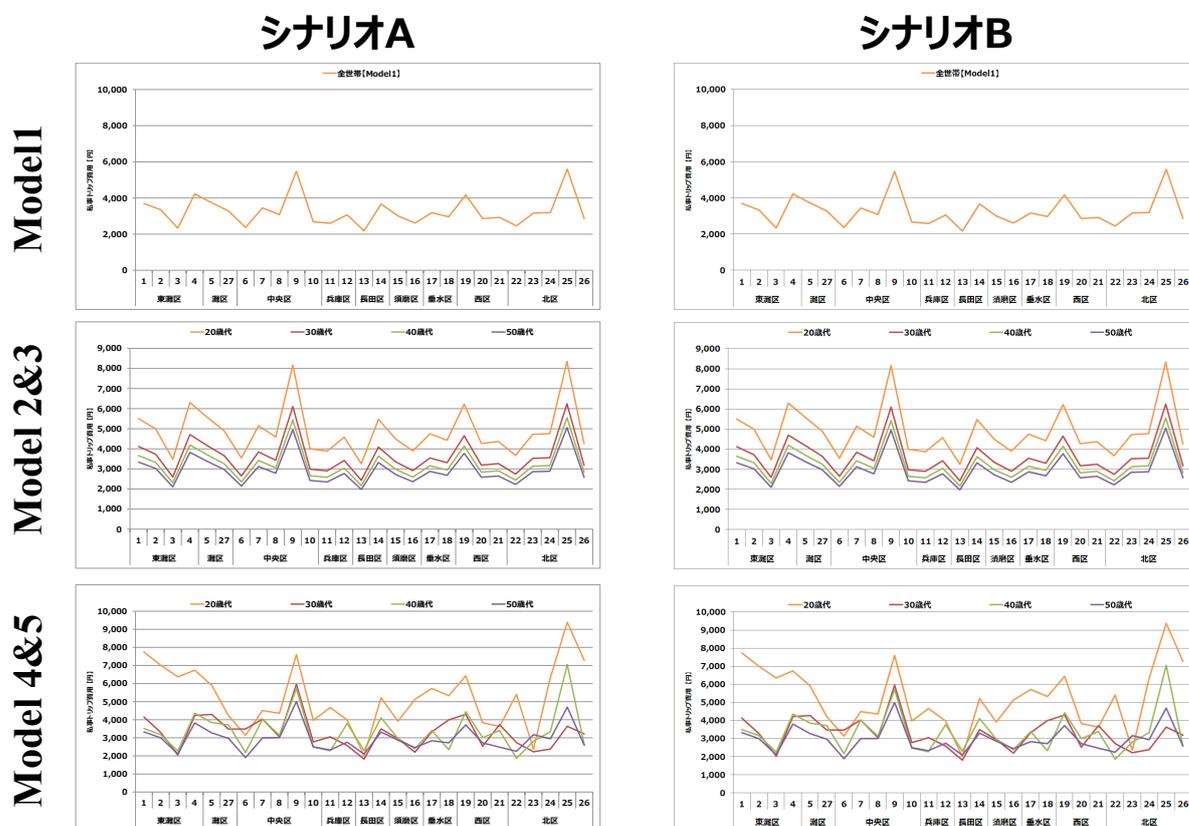


図 5-10 私事トリップ費用の一覧

表 5-14 交通モデル：交通手段選択モデルのパラメータ

			Model 1 Model 2 Model 3	Model 4 & Model 5			
			全世代	20 歳代	30 歳代	40 歳代	50 歳代
[w] 通勤	一般化 コスト	$\theta_2^{n_{sw}}$	-1.229***	-0.963***	-1.539***	-1.148***	-1.379***
	定数項	$a_p^{n_{sw}}$	3.986***	3.821***	4.001***	4.466***	3.646***
		$a_c^{n_{sw}}$	-0.972***	-0.682**	-1.141***	-0.299*	-1.296***
		$a_B^{n_{sw}}$	-1.612***	-1.047***	-1.714***	-0.573***	-2.414***
	尤度比		0.694	0.721	0.685	0.720	0.679
[s] 通学	一般化 コスト	$\theta_2^{n_{ss}}$	-2.094***	-2.432***	-2.254***	-2.376***	-
	定数項	$a_p^{n_{ss}}$	3.312***	4.997***	2.092***	3.505***	-
		$a_c^{n_{ss}}$	-5.187***	-4.639***	-3.328***	-6.152***	-
		$a_B^{n_{ss}}$	-3.341***	-1.932***	-3.454***	-3.634***	-
	尤度比		0.777	0.877	0.384	0.809	-
[h] 私事	一般化 コスト	$\theta_2^{n_{sh}}$	-1.533***	-1.828***	-1.327***	-1.841***	-1.506***
	定数項	$a_p^{n_{sh}}$	2.438***	2.049***	2.173***	2.572***	2.395***
		$a_c^{n_{sh}}$	-1.620***	-2.767***	-1.035***	-2.141***	-1.556***
		$a_B^{n_{sh}}$	-2.380***	-2.309***	-2.080***	-2.002***	-2.675***
	尤度比		0.372	0.368	0.309	0.375	0.392

* : 10%以下で有意, ** : 1%以下で有意, *** : 0.1%以下で有意

表 5-15 交通モデル：目的地選択モデルのパラメータ

			Model 1 Model 2 Model 3	Model 4 & Model 5			
			全世代	20歳代	30歳代	40歳代	50歳代
[w] 通勤	魅力度 指数	$\theta_1^{n_s m}$	1.175***	1.211***	1.037***	1.385***	1.129***
	アクセシビリティ 指数	$\lambda^{n_s m}$	0.485***	0.705***	0.564***	0.710***	0.656***
	尤度比		0.177	0.178	0.151	0.226	0.170
[s] 通学	魅力度 指数	$\theta_1^{n_s m}$	0.681***	0.723***	0.616***	0.663***	-
	アクセシビリティ 指数	$\lambda^{n_s m}$	0.490***	0.045*	1.727***	0.495***	-
	尤度比		0.087	0.056	0.361	0.095	-
[h] 私事	魅力度 指数	$\theta_1^{n_s m}$	0.940***	1.402***	0.947***	0.677***	0.958***
	アクセシビリティ 指数	$\lambda^{n_s m}$	1.134***	0.552***	1.485***	0.901***	1.191***
	尤度比		0.190	0.250	0.211	0.137	0.196

* : 10%以下で有意, ** : 1%以下で有意, *** : 0.1%以下で有意

5.5.5 シミュレーション結果の評価

図 5-10 は各シミュレーションモデルにおける立地選択行動を行った人口数を、図 5-11 は異質性区分毎の立地選択行動比率を評価した結果である。第一に、全体的な結果の傾向として、2つのシナリオの立地選択行動総数や立地選択行動比率に若干の違いはあるものの、各シミュレーションモデル間の人口移動の傾向は近い事が確認できる。

続いて、図 5-10 と図 5-11 から土地利用モデルと交通モデルに段階的に家計の異質性を考慮した場合の影響度について評価すると、土地利用モデルの私事トリップと所得に異質性を考慮した Model-2 では、立地選択行動総数は Model-1 から変化はなく、立地選択行動比率も異質性区分による変化はわずかである。これは、各異質性区分が同様の立地選好を行っている事を意味しており、本モデルでは異質性区分ごとの選好の差を明確に表現する事が難しいという事を示している。

Model-2 に加えて土地利用モデルの支出配分パラメータに異質性を考慮した Model-3 では、立地選択行動総数は Model-1 に対して約 3%増加する。特に 20 歳代の立地選択行動比率の増加が顕著であり、約 2 倍の増加を示す。この理由は、支出配分パラメータの影響であると考えられる。表 5-12 より、Model-3 の交通への支出比率： α_x は、Model-1（従来の CUE モデル）では“0.023”であるのに対し、Model-3 では“0.040”と、ほぼ 2 倍の値を示している。一方、50 歳では Model-1 よりも若干低い“0.021”を示す事から、立地選択行動比率も若干減少傾向である。支出配分パラメータは財の消費量に対する効用の変化量を表す事を考慮すると、本結果は土地利用モデルの支出配分パラメータに異質性を考慮する事により、異質性区分毎の立地選好の差を表現する事が可能となるという、重要な示唆を示すものであると考えられる。

交通モデルに異質性を考慮する Model-4 では、立地選択行動総数は Model-1 に対して約 10%増加し、立地選択行動比率も異質性区分により異なる事が確認できる。これは、異質性区分ごとに交通モデルのパラメータを推定したことにより、シナリオに応じて交通行動と私事トリップ費用に異質性区分毎の差が表れる為である。例えば、シナリオ A の走行速度を改善する施策では、30 歳代の増加が顕著である。これは、目的地選択モデルにおける私事トリップのアクセシビリティ指標パラメータ： λ の差（Model1 : 1.134 に対して Model4 : 1.485）が分析結果に影響を与えていると解釈できる。同様に、シナリオ B の公共交通の運賃を改善する施策では、20 歳代で増加傾向を示す。これは、交通手段選択モデルにおける私事トリップの一般化コストパラメータ： $\theta_2^{n_s^h}$ の差（Model1 : -1.533 に対して Model4 : -1.828）が析結果に影響を与えていると解

積できる。この様に、交通モデルに異質性を考慮する事により、実行する交通施策に応じた異質性区分ごとの選好の差を表現する事が可能となると考えられる。

土地利用モデルと交通モデルに家計の異質性を考慮する Model-5 の場合、前述した Model-3 と Model-4 の影響が統合された結果となる。立地選択行動総数は Model-1 に対して約 5~10%増加する結果となる。これは、従来の CUE モデル (Model-1) が立地選択行動総数を過小評価している可能性を示すと共に、立地選択行動比率も異質性区分により異なる事が確認でき、立地選択行動における選好の差を表現できる可能性を示すものであると考えられる。

図 5-12 はシナリオ A に関する各ゾーン・各モデルの立地選択行動比率を示しており、a)は Model-1 から Model-5 の立地選択行動比率のゾーン毎の比較結果を、b)は家計の異質性を考慮した Model-2 から Model-5 について各ゾーンにおける年代毎の立地選択行動比率を示している。

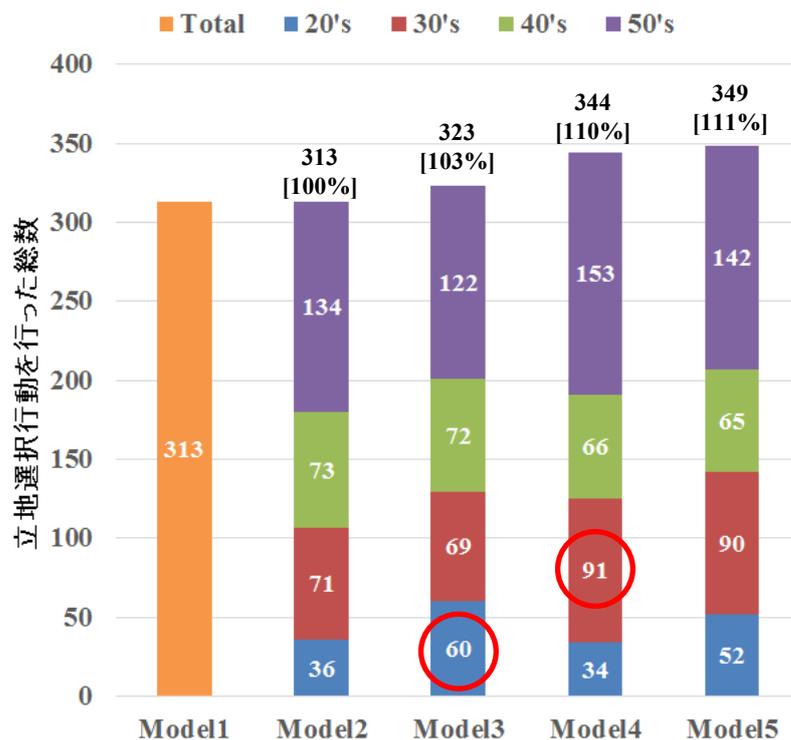
比較結果を見ると、土地利用モデルに家計の異質性を考慮した Model-2・3 では、Model-1 (従来の CUE モデル) に対して、各ゾーンにおける立地選択行動の変化は小さく、かつ年代区分毎の立地選択行動比率の増加・減少の方向は同一である事が確認できる。これは、支出配分パラメータ等に家計の異質性の効果を加える事で、年代区分毎の立地選択行動数(量)に変化はあるものの、各ゾーンにおける選好方向(移動するか否か)については同一である事を示している。

一方、交通モデルに家計の異質性を考慮した Model-4 では、各ゾーンにおける立地選択行動の変化も大きく、東灘区：ゾーン 3、灘区：ゾーン 27、中央区：ゾーン 7・8、垂水区：ゾーン 17・18、西区：ゾーン 21、北区ゾーン 22・25・26 等の複数のゾーンでは、年代区分毎に立地選択行動の選好方向(移動するか否か)が異なる結果を得た。これは、各ゾーンの交通環境や魅力に応じて、年代区分毎に立地選択行動を行うか否かの判断を実施しているという状況を表現していると考えられる。現実社会では、同一地域内でも異質性区分毎に立地選択に関する選好が異なり、この選好の差が地域の過疎化や若者の都心部への集中に繋がる。例えば、図 5-13 に神戸市における平成 12 年から平成 22 年の年代別人口変化を示しているが、ゾーン毎・年代毎で人口増減は異なる傾向を示しており、従来の CUE モデルの様な全ての家計が同一の選好を示す分析では、現実社会を表現しきれない事が伺える。以上の事からも、本結果は現実社会を捉えた立地選択行動評価を検討する上で重要な示唆であると考えられる。

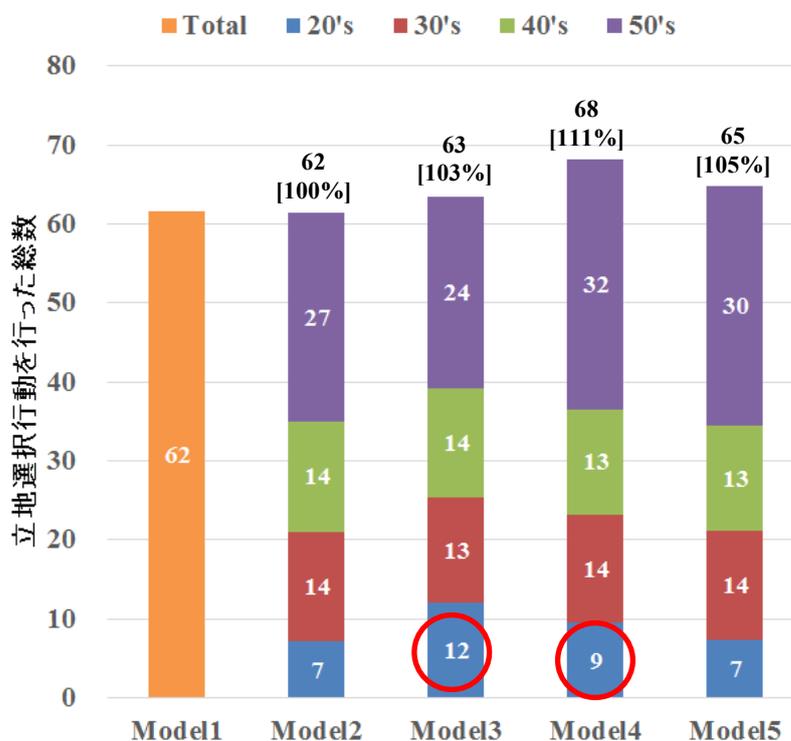
最後に土地利用モデルと交通モデルに家計の異質性を考慮した Model-5 は、両モデルの傾向を統合した結果を表しており、立地選択モデルにおける家計の異質性区分毎

の消費行動と交通モデルにおける家計の異質性区分毎の目的地選択行動の影響を複合的に表現した結果を示している。

最後に、交通トリップに与える影響について評価した結果として、図 5-14 に交通モード分担率の変化、図 5-15 に交通トリップの変化率を示す。図 5-14 より、シナリオ A 及び B の交通施策を実施する事により、公共交通へのモーダルシフトが確認できるが、交通モデルに家計の異質性を考慮する事による変化は限定的である。一方、図 5-15 より、20 歳代のトリップ変化率が全交通モードで家計の異質性を考慮しない場合より少ない傾向を示す。また、30 歳代のトリップもシナリオ A の公共交通を除き同様の傾向を示している。これは、20 歳代と 30 歳代の時間価値が全世帯の平均の時間価値よりも高い事が影響していると考えられる。

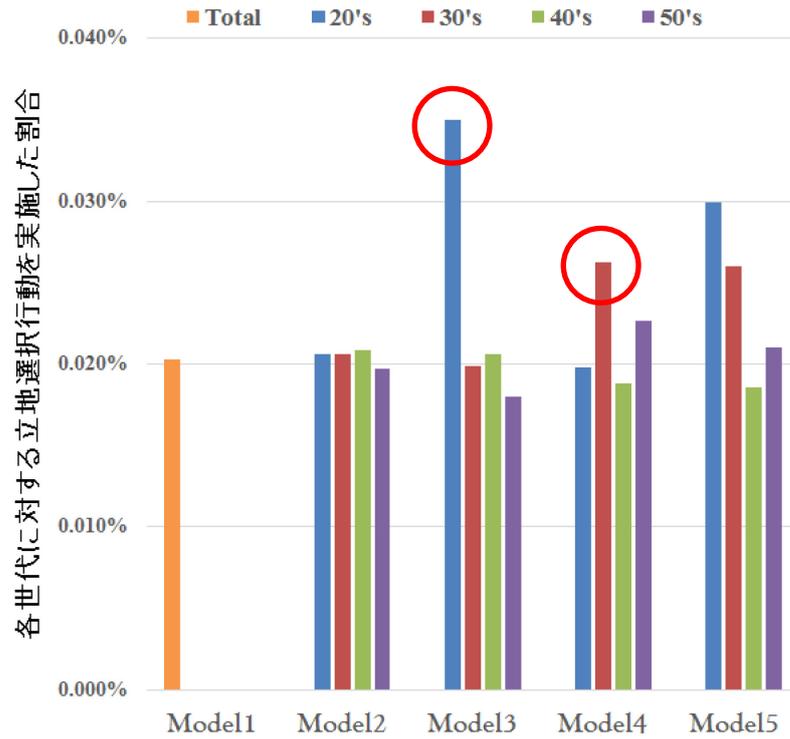


a) シナリオ A

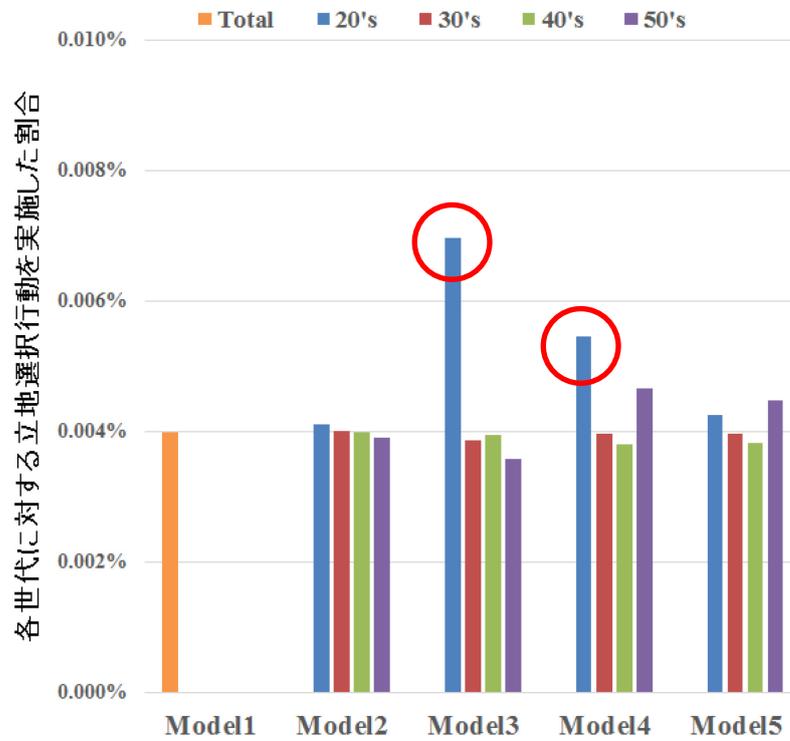


b) シナリオ B

図 5-10 立地選択行動の推定結果
(立地選択行動を実施した総数の評価)



a) シナリオ A



b) シナリオ B

図 5-11 異質性区分毎の立地選択行動比率

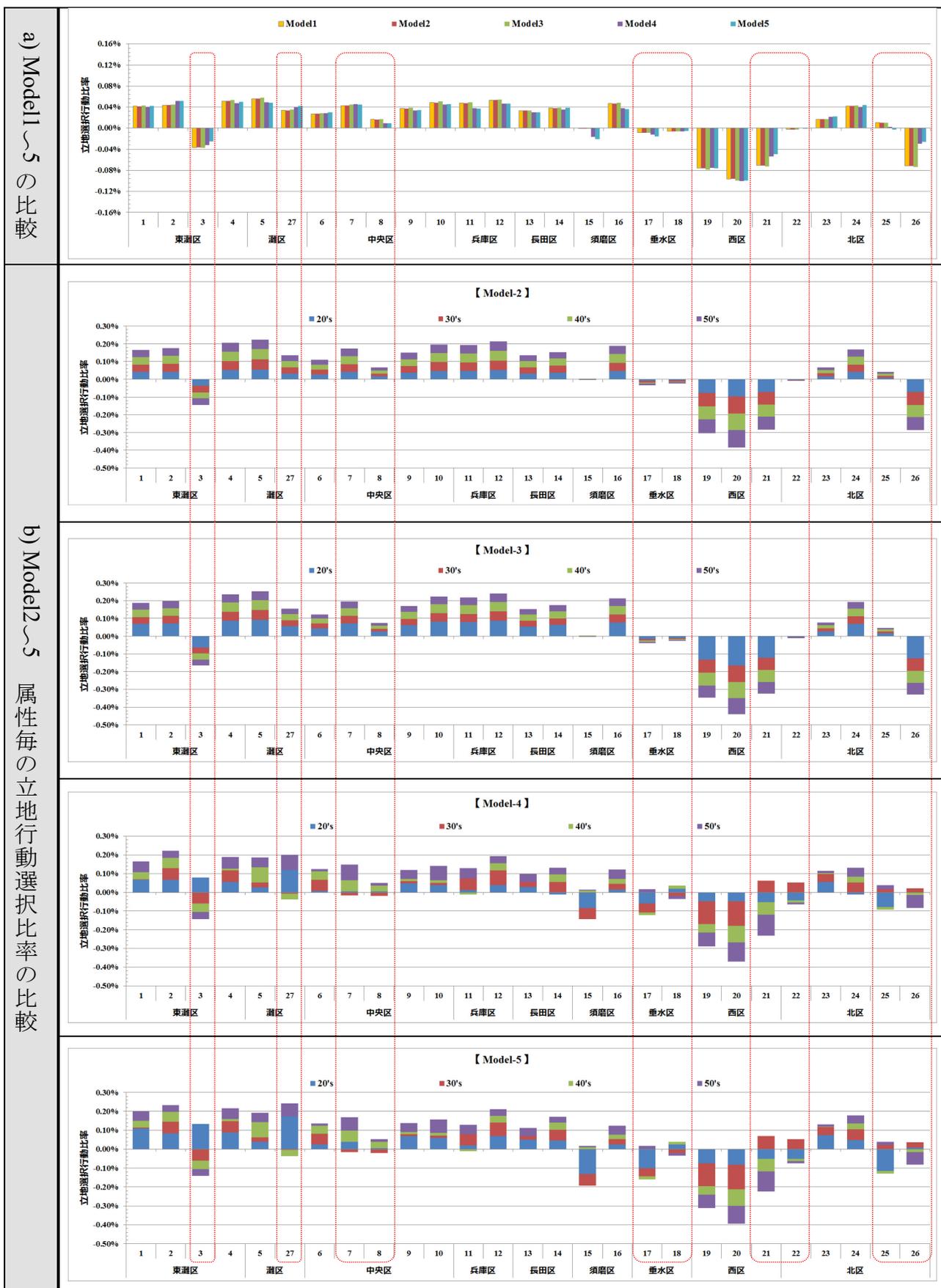


図 5-12 各ゾーンの立地選択行動比率の比較 (シナリオ A)

5.5.6 分析結果のまとめと今後のアプローチ

本章では、家計の異質性を考慮した CUE モデルの開発を行い、神戸市を対象としたシナリオ評価を通じてその有効性の評価を行った結果、以下の示唆を得た。

- 1) 土地利用モデルに家計の異質性を考慮する事は、立地選択行動の推定精度を向上させる上で有効な手段である。特に、間接効用関数の支出配分パラメータが立地選択行動に与える影響は大きい。
- 2) 交通モデルに家計の異質性を考慮する事により、現実社会に即したゾーン内の異質性区分毎の選好の違いを表現できる可能性が示された。これは、郊外地域の過疎化や都心部への若年層の集中などを分析する上で、重要な示唆である。
- 3) 家計の異質性を考慮しない従来の CUE モデルは、立地選択行動を過小費評価している可能性が示された。

尚、本章で検討した手法の将来的な課題としては、以下が挙げられる。

- 1) 本研究で評価対象とした神戸市以外の地域で評価を行う事による、地域移転性を含めた本研究成果の妥当性評価。
- 2) 家計の異質性を考慮した CUE モデルの活用に向けた、データセットの準備。特にアジア・ASEA 地域の新興国では基礎データの整備が出来ていない事を考慮し、データの入手性を考慮した上での家計の異質性のセグメントの設定方針策定。

5.6 結言

本節では、CUEモデルのアジア・ASEAN地域への適用に向け、当該地域の特徴である「社会経済属性毎により異なる選好の差異」をCUEモデルに組み込むべく、兵庫県南部地域（神戸市とその周辺都市）を対象としたWebアンケート結果を基に“家計の異質性”を時間価値として表現し、本値をCUEモデルに組み込む事により、家計の異質性を考慮したCUEモデルのフレームワークを構築した。結果、本フレームワークを用いる事により、現実社会で発生する異質性区分毎の選好の差異を表現できる見通しを得た。これは、従来のCUEモデル含むLUTIモデルにおいて、対象エージェントは同質であるという前提であった事を考えると、非常に重要な示唆が得られたものと考えられる。

一方、課題としては、家計の異質性区分を見極める為の基礎データ、及びそれらをCUEモデルに組み込むためのデータセットの準備である。これらは、評価する地域によって、重要となる異質性区分が事なる為、現時点で一様に準備すべきデータセットを特定する事は難しいが、継続的な調査・データ蓄積により、求められるデータを整備する事が必要となる。その意味でも、我が国として各地域の特徴を正確に見極め、継続的にデータを取得できる枠組みを設ける事が求められる。

参考文献

- 1) 太田勝敏：発展途上国の都市交通政策への一視点, IATSS Review, Vol12, No.1, pp19-pp27, 1986
- 2) JICA, (株)パシフィックコンサルタンツインターナショナル, (株)アルメック：インドネシア国 ジャカルタ首都圏総合交通計画調査 (Phase2) 最終報告書, JICA インドネシア国 国家開発計画庁, 2004
- 3) 山崎清, 武藤慎一：開発・誘発交通を考慮した道路整備効果の分析, 運輸政策研究, vol11, No2, pp14-25, 2008
- 4) 山崎清, 上田孝行, 岩上一騎：開発人口・及び誘発・開発交通を考慮した東京湾アクアラインの料金値下げ効果の計測, 高速道路と自動車, 第51巻, 第6号, pp20-32, 2008
- 5) Chen, H., Tsutsumi, M., Yamasaki, K., Iwakami, K. : An impact analysis of the Taiwan Taoyuan international airport access MRT system – considering the interaction between land use and transportation behavior-, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, pp315-pp334, 2013
- 6) Nakamura, K., GU, F., Wasuntarasook, V., Vishiansan, V., Hayashi, Y. : Failure of Transit-Oriented Development from a Perspective of Quality of Life in Bangkok, Asian Transport Studies, Volume 4, Issue 1, pp194-pp209, 2016
- 7) Nakamura, K., Fujita, M., Kato, H., Hayashi Y. : EVALUATION FOR QUALITY IMPROVEMENT OF TRANSPORT SYSTEMS FOR ASIAN DEVELOPING MEGACITIES – A CASE STUDY OF BANGKOK -, J. JSCE , Ser. D3(Infrastructure Planning and Management), Vol. 70, No.5, Special Issue, pp453-pp462, 2014
- 8) Nakamura, K., GU, F., Wasuntarasook V., Vishiansan, V., Kii, M., Hayashi, Y., Evaluation for Low-carbon Land-use Transport Development with QOL Indexes in Asian Developing Megacities: a Case Study of Bangkok, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 11, pp1047-pp1063, 2015

第6章 CUEモデルのアジア・ASEAN地域への適用に向けた展望

6.1 緒言

本研究では、日本において実用的な LUTI モデルとして実績を有する CUE モデルをアジア・ASEAN 地域へ適用するにあたり、CUE モデルが抱える3つの課題、即ち、①不足する基礎データへの対処、②立地選択行動の推定精度改善、③社会経済属性毎に異なる選好の差異に対して、第2章から第5章にかけて実証検証を実施してきた。

本章では、各章で取り組んだ検証結果を踏まえ、CUE モデルをアジア・ASEAN 地域へ適用する為に、「データ整備」「CUEモデルの構造」「都市・交通施策への適応性」という3つの観点から方向性を提示する。

6.2 CUEモデルの新興国への適用に向けたデータ整備への提案

6.2.1 新興国におけるデータ整備状況の振り返り

CUEモデルのアジア・ASEAN地域への適用に向け、分析を行うに為に必要なデータセットを整備する事が重要であり、その詳細の整備状況については、1.6節において日本/アジアの先進国(台湾)/アジアの新興国に区分して記した。結果として、アジアの新興国はもちろんの事、アジアの先進国である台湾でさえ土地利用データの整備は十分とは言えず、「市・区レベル」のデータ整備に留まるという状況であり、アジア・ASEAN地域で注目されている TOD 型都市開発等の都市計画の効果分析を行う為に必要とされる、「町丁目レベル」の様な細分化されたデータセットは整備されていない状況である事を整理した。この様な状況に対し、本研究では既に整備されている「市・区レベル」の様な大ゾーンのデータセットを利用し、Google Earth に代表される衛星画像データを用いた土地利用データの推定補完手法を提案する事により、「町丁目レベル」の様な細分化されたゾーンの土地利用データを推定可能であるという事を確認し、その詳細を第2章に記した。

同様に、交通データの整備状況は大きく2つに区分され、一人当たりの GDP が 10,000US\$以上のアジア地域の先進国については、自国にて主要都市のパーソントリップ調査(以下、PT 調査)を実施している事、それ以外のアジア・ASEAN地域の中進国・新興国については、JICAによるPT調査により、図1-34に示す25都市についてPTデータが整備されると共に、JICA STRADA に適合した交通ネットワークデータも

含め、日本の研究者が利用可能な環境が構築されている事を示した。

ここで、改めて土地利用データの整備状況について振り返ると、第1章の表1-4に示す様に、新興国における土地利用データの整備状況は、その多くが「国・県レベル」のデータ整備に留まっていることが確認できる。前述の通り、本研究において、衛星画像を用いる事により大ゾーンの土地利用データを細分化する手法について提案を行ったが、CUEモデルの分析対象が都市レベルという事を考えた時、「市・区レベル」のデータから「町丁目レベル」のデータを構築する事は可能であるが、「国・県レベル」のデータから「町丁目レベル」のデータを構築する事は、推定精度・作業に要する時間の両面から、現実的な手法とは言い難い。

このような場合、最も望ましい方法としては、CUEモデルの分析に必要な土地利用データを整備する事が考えられるが、全てのデータを整備するには多くの時間と費用を要する事から、これもまた現実的な方法とは言い難い。以上を踏まえた一つの方法として、各土地利用データがCUE分析の結果に影響を与える程度を把握した上で、分析に大きな影響を与えるデータを優先的に整備する事が考えられる。この場合、全ての土地利用データを整備する場合に比べ、推定精度は劣るものの、政策意思決定者が交通・都市開発を行うことによる立地選択状態の変化の方向性を把握する為の指標を示す事は出来るものとする。そこで、次節では、CUEモデルで利用する土地利用データの設定値を変化（増・減）させた場合の、立地選択数（人口移動数）への影響評価を行う事により、優先的に整備すべき土地利用データについて整理を行う。

6.2.2 立地選択数の推定結果に対する土地利用データの影響評価

CUEモデルによる分析において必要となる各土地利用データの立地選択数推定結果への影響を把握する為には、各土地利用モデルの値を段階的に変化させた場合の立地選択数（人口移動数）の推定を行う。本推定結果と立地選択数を変化させない通常の実験結果を比較する事により、各土地利用データが立地選択数推定結果に与える影響度合いについて評価を行う。

本評価では、第5章で構築した家計の異質性を考慮したCUEモデルを活用して評価を行う。具体的な条件・手法を表6-1に示す。本評価で用いるモデルは、家計の異質性を考慮しない、従来のCUEモデルを適用している。また、表6-2に評価の対象となる土地利用データの一覧と、各土地利用データのばらつき（変化）の設定方法について記す。人口データについては、人口総数が各評価ケースで同一となる様に、ゾーン1～13の人口数の変化分を、ゾーン14～27に均等割り付けしている。

表 6-1 評価手法

分析に用いる モデル	前提	第5章で構築した家計の異質性を考慮したCUEモデルを利用
	分析モデル	表5-9に示す5つのモデルのうち、家計の異質性を考慮しない従来のCUEモデルである、Model1を利用
	評価対象エリア	神戸市：9区（27ゾーンに区分）
	分析シナリオ	表5-10に示すシナリオのうち、シナリオA：バスの平均運行速度20%上昇を採用
土地利用 データの 感度分析	分析手法	各土地利用データを段階的に変化：-40%，-20%，+20%，+40%
	評価方法	土地利用データを変化させない場合と変化させた場合の立地選択数（人口移動数）を比較

表 6-2 各土地利用データとばらつきの設定方法

項目		変化度合い		設定方法
1	人口データ	a	-20%	全27ゾーンのうち、ゾーン1~13の人口数を増・減させ、ゾーン14~27に均等に割り付け.
		b	-40%	
		c	+20%	
		d	+40%	
2	地代	a	-20%	全27ゾーンのうち、ゾーン1~13の地代を増・減.
		b	-40%	
		c	+20%	
		d	+40%	
3	所得	a	-20%	全27ゾーンのうち、ゾーン1~13の所得を増・減.
		b	-40%	
		c	+20%	
		d	+40%	
4	支出配分パラメータ 【交通費】	a	-20%	支出配分パラメータのうち、交通費の支出配分パラメータのみを増・減
		b	-40%	
		c	+20%	
		d	+40%	
5	支出配分パラメータ 【土地】	a	-20%	支出配分パラメータのうち、土地の支出配分パラメータのみを増・減
		b	-40%	
		c	+20%	
		d	+40%	
6	土地利用面積 土地利用可能面積	a	-20%	全27ゾーンのうち、ゾーン1~13の土地利用面積と土地利用可能面積を同時に増・減
		b	-40%	
		c	+20%	
		d	+40%	

図6-1に評価結果を示す。通常分析による立地選択数（人口移動数）と比較の結果、立地選択数（人口移動数）に大きな影響を与える土地利用データは、「支出配分パラメータ」と「地代」である事が伺える。また、「支出配分パラメータ」のうち、“土地”の支出量が減少する事により、立地選択数（人口移動数）が大きくなる。これは、“土地”の支出量削減に対して“交通費”への支出量が極端に増大する為であり、交通整備・施策を対象とした分析への影響が大きい事が伺える。更に、「支出配分パラメータ」の“交通費”を増・減させる事により、立地選択数（人口移動数）も敏感に反応する結果となる。即ち、「支出配分パラメータ」は立地選択モデルにおける間接効用関数の各財の消費量に対して直接的に影響を与える因子である事から、値のばらつきに応じて立地選択数（人口移動数）の推定結果が大きく影響を受ける。これは、「地代」のばらつきが立地選択数（人口移動数）の推定結果に対して大きな影響を与える事に対しても、同様の理由により説明が可能である。

これらを踏まえると、立地選択モデルの間接効用関数を構成する土地利用データが、立地選択数（人口移動数）の推定結果に大きな影響を与える。ここで、今回抽出された「地代」と「支出配分パラメータ：“交通費”・“土地”」について考えた時、本研究の第3章と第4章において言及した様に、「支出配分パラメータ」の設定方法は、一時点のデータで設定するよりむしろ、立地状況（人口配分状況）の観測データを基に、OLSにより推定する事が望ましい事を示している。即ち、本研究における示唆を踏まえた場合、「支出配分パラメータ」の設定に必要な各家計の支出量調査データに代表される直接的なデータの整備よりむしろ、本研究で示したOLSによる推定に必要な、「人口データ」を整備する事が望ましいと言える。

以上の事から、「国・県レベル」の大ゾーンの土地利用データしか整備されていない新興国に対してCUEモデルの適用を行う場合、立地選択数（人口移動）に大きな影響を与える、「地代」と支出配分パラメータの推定に必要な「人口データ」を優先的に整備する事が望ましいと考えられる。

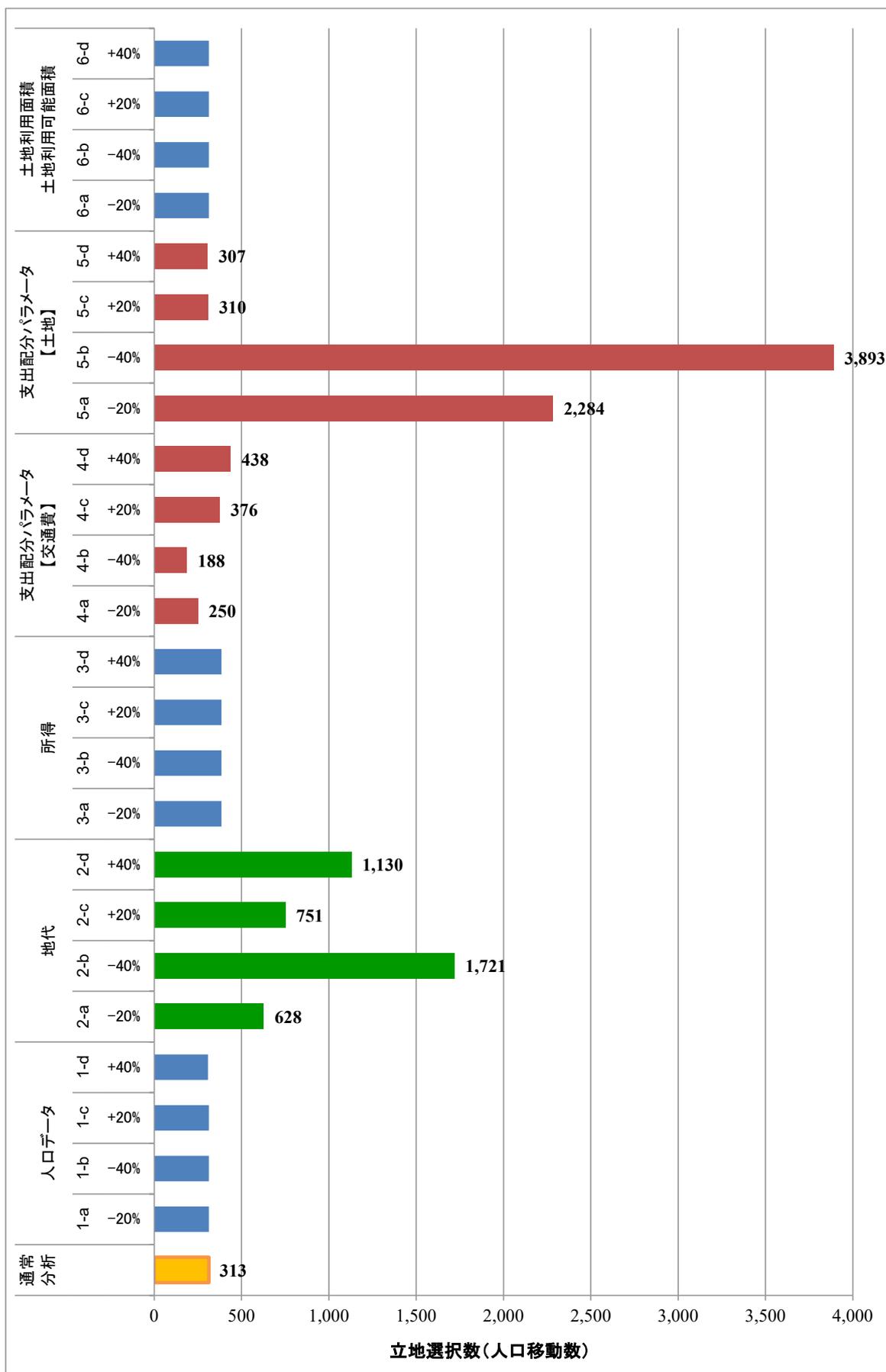


図 6-1 土地利用データのばらつきが立地選択数に与える影響

6.2.3 新興国へのCUEモデルの適用に向けたデータ整備の方向性

前節までに示した、土地利用・交通データの整備状況の整理と新興国における土地利用データの整備方針を踏まえ、CUEモデルの適用に必要な基礎データが不足するアジア・ASEAN地域に対する取組方針を、図6-2に示す。現時点の各データの整備状況を踏まえると、CUEモデルをアジア・ASEAN地域の各国・各地域に一律に適用する事は困難であると考えられ、①交通データの整備状況と②土地利用データの整備状況を踏まえ、適用できる国・地域を絞り込むと同時に、CUEモデルを適用する産・官・学が連携した枠組みを構築する事が必要であると考えられる。

最初の判断基準は、交通データ（所謂、PTデータ）の整備状況である。交通整備や都市開発の効果を高い信頼性をもって分析する為には、対象国・対象地域の居住者の行動パターンを把握する事が最も重要であり、もしこれらが確保できていない状態で分析をする場合、CUEモデル及びそれ以外の交通計画モデルであっても、信頼性を確保した分析・評価結果を政策意思決定者に提示する事は困難である。この事からも、CUEモデルを適用する為には、交通データが整備された地域・都市である事が重要であると考えられる。前述の通り、交通データ（PTデータ）は2つの整備形態があり、アジアの先進国で取り組まれている「自国において整備」とJICAによる途上国の開発援助として実施している「JICAPT調査データ」である。後者の「JICA PT調査データ」については、現時点で25都市（アジアは13都市）のデータが整備されている。アジア・ASEAN地域に属する国・地域数を考えるとその整備状況は限定的であるとも考えられるが、既に整備が行われている各国は急激な経済成長を背景に様々な都市・交通開発の計画が行われている国である。その意味でも、現時点では交通データが整備された地域に絞り込みCUEモデルを適用する事が一案であると考えられる。加えて、今後も継続的なJICAによる調査活動により、交通データの整備対象地域が拡大する事を期待したい。

次の判断基準としては、「自国において整備」されたPTデータを活用できる枠組み、即ち日本と相手国の産・学・官を巻き込んだ検討枠組みを構築できるかという点である。これは、自国にて整備したPTデータを、日本の産や学に無償で貸与する事は考えにくく、相手国の政策意思決定者がCUEモデルを活用した政策評価に対して大きな期待を抱き、その必要性・適用意思を表示する状況となる事が必要である。その為には、二国間の産・学が単独で検討の枠組みを構築するのではなく、二国間の産・学・官が連携した、具体的な交通整備・都市開発の導入効果プログラムを組成する事が、相手国から信頼を得た中でCUEモデルを適用していく為には必要であると考えられる。一方、この様な両国の産・学・官が連携したプログラムを組成できない場合は、実質的

に「自国において整備」された PT データを利用する事は難しい為、CUE モデルを適用する事は難しいと考えられる。

ここまでは交通データが整備されている場合について言及したが、交通データが整備されていない地域については、新たに交通データを整備するという選択肢が考えられ、その方法として、「JICA PT 調査の実施」と「部分的な交通行動アンケートと推定モデルによる簡易 PT データの生成」が考えられる。しかしながら、前者については PT 調査に多くの期間を要すると共に多くの予算が必要になり短期間での整備は困難である事、後者は簡易 PT データの精度保証が難しく分析結果の誤差要因を多く含むことから、現実的に CUE モデルを適用する事は難しいと考えられる。

最後の判断基準としては、交通データの整備状況から絞り込まれた国・都市における、土地利用データの整備状況に応じた判断が必要となる。日本の様に全ての土地利用データが整備されていなくても、前述した台湾の事例の様に、「市・区レベル」の基礎データが整備されていれば、本研究で提案した衛星画像を用いた推定補完手法の適用により、分析に必要な細分化された土地利用データの生成が可能となる。一方で、「国・県レベル」のデータしか整備されていない場合、本研究で提案した衛星画像を用いた推定補完手法を適用しデータの細分化を図ったとしても、対象範囲が広いためデータ生成に要する時間も莫大となり、現実的な手法になるとは考えにくい。この場合は、6.2.2 節で示した結果から、立地選択行動の推定結果に大きな影響を与える、「地代」と「人口データ」を優先的にデータ整備を行い、その他の土地利用データについては、「国・県レベル」のデータを用いた按分、もしくは類似都市からの転用を行う事が求められる。但し、他地域からのデータ転用を行う際には、地域移転性について十分に検証する事が必要となる。

本節では、アジア・ASEAN 地域への CUE モデルの適用に向け、基礎データの整備という観点から方向性について記した。当然ながら、アジア・ASEAN 地域の各都市は急激な経済成長を背景に、将来的には基礎データも順次整備されると考えられ、かつ、近年の急激なデジタル技術の進展により、現在では取得不可能なデータも容易に取得できる環境が整備される事も考えられる。従い、様々な環境変化に応じながら、不足するデータの補完という課題に対して、継続的に取り組んでいく事が必要であると考えられる。

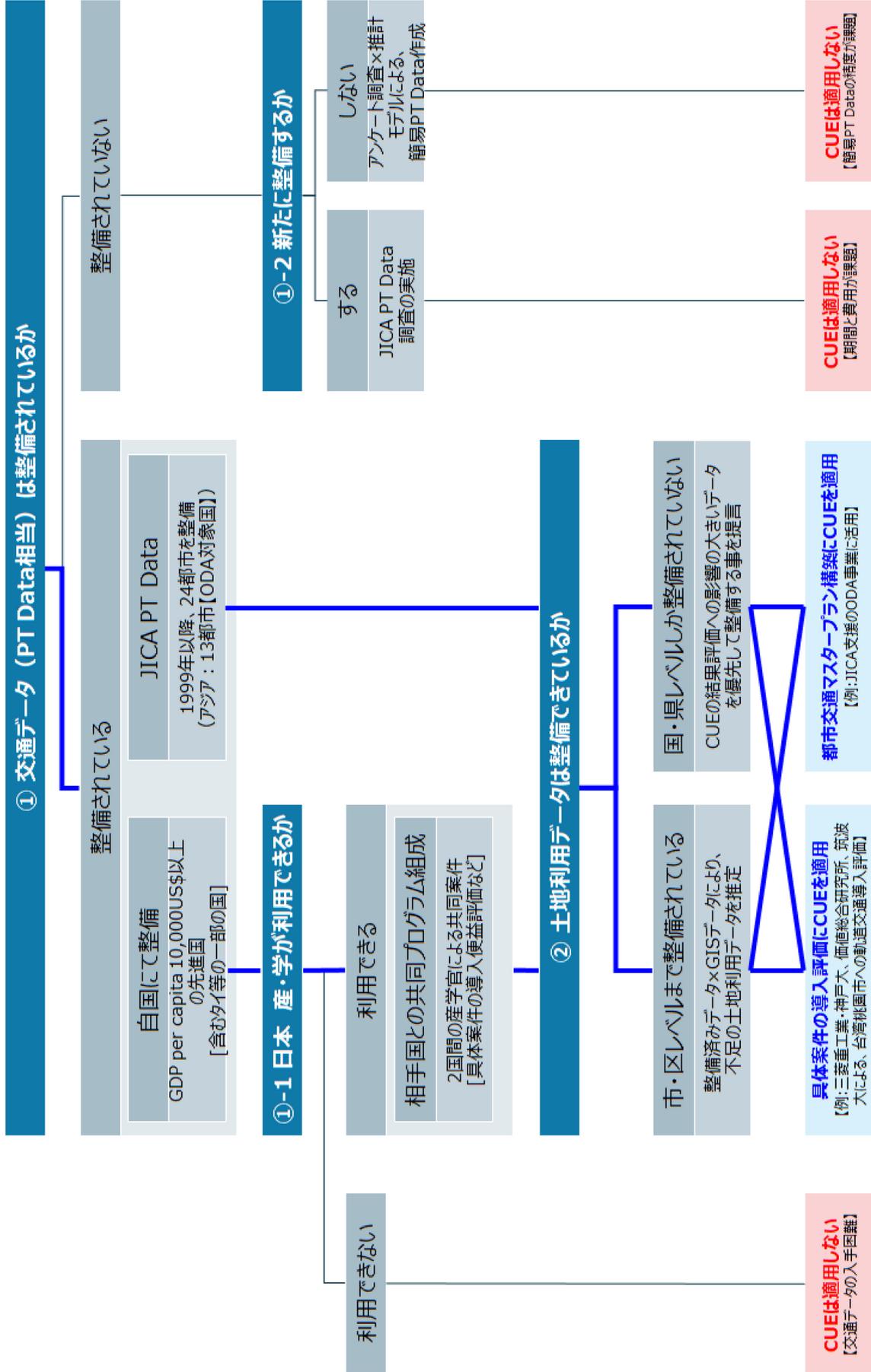


図 6-2 新興国におけるデータ整備の状況に応じた CUE モデルの適用方針

6.3 CUEモデルの新興国への適用に向けたモデル構造の改善提案

CUEモデルのアジア・ASEAN地域への適用に向けた課題として、本研究では、経済格差などに代表される社会経済属性毎の選好の差に着目し、第5章において家計の異質性を考慮したCUEモデルの開発を試みた。また、従来のCUEモデルにおいても実用上の課題とされている、立地選択行動の推定精度向上という課題に対して、第3章から第4章にかけて、神戸市及び兵庫県南部地域を対象とした実証性検証を行い、土地利用モデルの間接効用関数を構成する支出配分パラメータの新たな設定方法の提案と立地選択行動の推定に大きな影響を与えるロジットモデルの調整項の構成要因検証を実施した。さらに、これらの検証結果を踏まえた上で、評価目的・期間・適用地域（国内・新興国）に応じたCUEモデルの構成について方向性を示した。本節では、前述の2つの課題に対する検証結果を纏める形で、国内、及びアジア・ASEAN地域へのCUEモデルの適用に向けたモデル構造の方向性について記す。

表6-3に評価目的・期間・地域ごとのCUEモデルの構造の方向性について記す。本研究で主題としているアジア・ASEAN地域は赤枠で示した範囲に位置する。当該地域は急激な経済発展に伴い都市・交通開発が頻繁に行われ、5年以上の先の中長期においては環境が大きく変化している。この様な地域に対して、「一時点の評価」の様な、ある一時点の環境において推定されたパラメータを用いた将来予測を実施した場合、大きな誤差を含む可能性がある。従い、当該地域においては、二期間の変化に着目した、「二期間の評価」を用いる事が望ましい。一方、5年以内の短期においては、「一時点の評価」を併用して評価を行っていく事が望ましいと考える。また、分析手法について、立地選択行動の推定精度を改善する為に、本研究で提案したOLSによる間接効用関数の各パラメータを推定する事が望ましく、地域に応じた都市アメニティを考慮する事が求められる。更に、本研究にて幾度も述べている通り、アジア・ASEAN地域の特徴である、社会経済属性毎の選好の差を考慮する為に、家計の異質性を考慮する事が必要である。一方課題としては、分析に必要なデータの整備である。土地利用データの整備に対する方向性については6.2節にて示したが、「家計の異質性」や「都市アメニティ」を評価する為の基礎データの整備が新たな課題として挙げられる。前者については、評価対象地域ごとにアンケート調査を行いデータ取得・蓄積する事が必要となる。後者については、自治体と共にデータを蓄積する環境を構築する事が求められる。

続いて、本研究では主題としてはいないが、国内における方向性について示す。4.5節で示した通り、評価目的に応じて「一時点の評価」と「二期間の評価」を区別する必要がある。それぞれにおいて、立地選択行動の推定精度を改善する為に、OLSによる間接効用関数の各パラメータを推定する事が望ましく、地域に応じた都市アメニティを考

慮する事が求められる。一方、家計の異質性については、交通整備の短期的な効果を把握する場合は、家計の異質性が評価結果に大きな影響を与える可能性は低い事から、家計の異質性は考慮する事は優先事項ではない。一方、交通整備の中・長期的な効果を把握する場合、これまでに述べてきた、若年層の都市部への一極集中や郊外地域の過疎化などの都市形成に係る効果を把握する為にも、異質性を考慮する事が望ましい。さらに、図6-3と図6-4に居住地域に関する意識調査¹⁾に関する抜粋を示すが、ライフステージ毎に求める居住地域が異なる調査結果が得られており、中長期の立地選択行動の傾向を把握する為には、ライフステージ毎の選好の差も考慮していく必要があると考えられる。この場合、ライフステージによる選好は家計構成要因の成長に伴って時系列的に変化をしていく事を考えると、静学的な部分均衡モデルであるCUEモデルを動学的もしくは準動学的に変化させる必要性も考えられる。この様に、比較的都市が成熟し、更なる効率的な都市形成を模索する段階にある先進国については、検証すべき施策に応じてCUEモデルの実環境への整合度を高め、モデル構造の詳細化を進めていく事も、将来的な改善方向性として考えられる。最後に、過去から現在までの都市成長要因分析の様な事後評価を行う場合は、二期間の変化に着目した「二期間の評価」が求められる。また、分析方法・家計の異質性に対する対応についても、前述と同様に考慮していく事が望ましいと考えられる。

表 6-3 評価目的・期間・地域に応じたCUEモデルの構造

		新たな交通整備・都市開発の効果予測		過去から現在までの都市成長要因分析
		短期予測：5年以内	中・長期予測：5年以上	
Ⅰ 都市の成長	間接効用関数の構成	$V_i = \ln(I_i) - \alpha_x \ln(q_i) - \alpha_l \ln(\tau_i) + \beta_l \cdot X_i + C$ I_i : 所得, q_i : 代表交通価格, τ_i : 地代 α_x, α_l : 支出配分パラメータ X_i : 可住地面積, β_l : 可住地面積のパラメータ	$V_i = \ln(I_i) - \alpha_x \ln(q_i) - \alpha_l \ln(\tau_i) + \beta_l \cdot X_i + \gamma_{W_i} \cdot Y_{W_i} + C$ I_i : 所得, q_i : 代表交通価格, τ_i : 地代 α_x, α_l : 支出配分パラメータ X_i : 可住地面積, β_l : 可住地面積のパラメータ γ_{W_i} : 都市アメニティ, Y_{W_i} : 都市アメニティのパラメータ	-
	分析手法	OLSにより推定 ①支出配分パラメータと可住地面積パラメータを同時推定し、間接効用関数に適用	OLSにより推定 ①支出配分パラメータと可住地面積パラメータを同時推定し、間接効用関数に適用	-
	家計の異質性	考慮する必要はない	考慮する必要がある 若年層の都市心への集中や郊外地域の過疎化などの所得、及びライフステージによる移動距離の変化を考慮する際に、「所得別」「年齢別」「世帯構成別」などの選好の差異を考慮する必要がある。	-
	間接効用関数の構成	-	-	$V_i = \ln(I_i) - \alpha_x \ln(q_i) - \alpha_l \ln(\tau_i) + \beta_l \cdot X_i + \gamma_{W_i} \cdot Y_{W_i} + C$ I_i : 所得, q_i : 代表交通価格, τ_i : 地代 α_x, α_l : 支出配分パラメータ X_i : 可住地面積, β_l : 可住地面積のパラメータ γ_{W_i} : 都市アメニティ, Y_{W_i} : 都市アメニティのパラメータ Δt : 基準年t1→予測年t2までの変化を示す
	分析手法	-	-	OLSにより推定 ①支出配分パラメータと可住地面積パラメータを同時推定 ②間接効用関数による立地選択結果と観測値の残差から、代表的な都市アメニティを選定し、間接効用関数に適用
Ⅱ 都市の成長	家計の異質性	-	-	考慮する必要がある 過去から現在までの都市形成（過疎化・若年層の一極集中）の発端経緯を明らかにする為にも、「所得別」「年齢別」「世帯構成別」などの選好の差異を考慮する必要がある。
	間接効用関数の構成	$V_i = \ln(I_i) - \alpha_x \ln(q_i) - \alpha_l \ln(\tau_i) + \beta_l \cdot X_i + C$ I_i : 所得, q_i : 代表交通価格, τ_i : 地代 α_x, α_l : 支出配分パラメータ X_i : 可住地面積, β_l : 可住地面積のパラメータ	-	-
	分析手法	OLSにより推定 ①支出配分パラメータと可住地面積パラメータを同時推定	-	-
	家計の異質性	考慮する必要がある 所得階層別の選好の差などを反映する為には、アンケート調査などを通じて各地域ごとの特徴を抽出し、時間価値の差を明らかにする事が求められる。	-	-
	間接効用関数の構成	$V_i = \ln(I_i) - \alpha_x \ln(q_i) - \alpha_l \ln(\tau_i) + \beta_l \cdot X_i + \gamma_{W_i} \cdot Y_{W_i} + C$ I_i : 所得, q_i : 代表交通価格, τ_i : 地代 α_x, α_l : 支出配分パラメータ X_i : 可住地面積, β_l : 可住地面積のパラメータ γ_{W_i} : 都市アメニティ, Y_{W_i} : 都市アメニティのパラメータ Δt : 基準年t1→予測年t2までの変化を示す	-	-
Ⅲ 都市の成長	分析手法	-	OLSにより推定 ①支出配分パラメータと可住地面積パラメータを同時推定 ②間接効用関数による立地選択結果と観測値の残差から、代表的な都市アメニティを選定し、間接効用関数に適用	-
	家計の異質性	考慮する必要がある 所得階層別の選好の差などを反映する為には、アンケート調査などを通じて各地域ごとの特徴を抽出し、時間価値の差を明らかにする事が求められる。	-	-

長期スパンでの今後の住まい意向

持家長期居住派 (現住まいに長期居住+長期間継続的居住する住居購入)

・年代…30代以下が少なく、60代が多い傾向。

	年代						
	20代	30代	40代	50代	60代以上		
全体	(2,071)	10.7	22.3	24.4	9.4	23.5	4.7
持家長期居住派	(1,318)	7.7	20.0	23.0	10.2	31.7	5.5

年代別

	総数	20代	30代	40代	50代	60代	70代
全体	人	2,071	222	462	505	195	590
持家長期居住派	人	1,318	101	264	330	134	418
属性別占有率	%	64%	46%	57%	65%	69%	71%

・世帯年収…年収400万円未満が少なく、年収600～800万円が多い傾向。

	世帯年収					
	400万円未満	400万円以上600万円未満	600万円以上800万円未満	800万円以上1000万円未満	1000万円以上1200万円未満	1200万円以上
全体	(2,071)	28.8	24.4	13.0	8.7	4.0
持家長期居住派	(1,318)	25.1	23.1	13.3	9.2	4.7

世帯年収別

	総数	400万円未満	400万円以上600万円未満	600万円以上800万円未満	800万円以上1000万円未満	1000万円以上1200万円未満	1200万円以上
全体	人	2,071	596	505	288	180	93
持家長期居住派	人	1,318	331	331	204	130	62
属性別占有率	%	64%	55%	65%	71%	72%	66%

都度買い替え派 (ライフステージに応じて都度買い替え)

・年代…30代が多く、60代が少ない傾向。

	年代					
	20代	30代	40代	50代	60代	70代以上
全体	(2,071)	10.7	22.3	24.4	9.4	28.5
都度買い替え派	(234)	10.7	28.6	28.6	8.1	21.4

	総数	20代	30代	40代	50代	60代	70代
全体	人	2,071	222	462	505	195	590
都度買い替え派	人	234	25	67	67	19	50
属性別占有率	%	11%	11%	14%	13%	10%	8%

・世帯年収…年収400万円未満が少なく、年収1000万円以上が多い傾向。

	世帯年収					
	400万円未満	400万円以上600万円未満	600万円以上800万円未満	800万円以上1000万円未満	1000万円以上1200万円未満	1200万円以上
全体	(2,071)	28.8	24.4	13.9	8.7	4.6
都度買い替え派	(234)	22.2	26.5	12.8	11.5	8.1

	総数	400万円未満	400万円以上600万円未満	600万円以上800万円未満	800万円以上1000万円未満	1000万円以上1200万円未満	1200万円以上
全体	人	2,071	596	505	288	180	95
都度買い替え派	人	234	52	62	30	27	19
属性別占有率	%	11%	9%	12%	10%	15%	20%

図6-3 ライフステージに応じた立地選択行動の意向調査
(居住地域に関する意識調査¹⁾を筆者にて加筆) -1

ライフステージ別居住地に対する意向

◇ 次に掲げる各段階のライフステージにおいて、ふさわしい、望ましいと感じる居住地のイメージはどれですか。それぞれのステージで、最もイメージに近いものをお選びください。

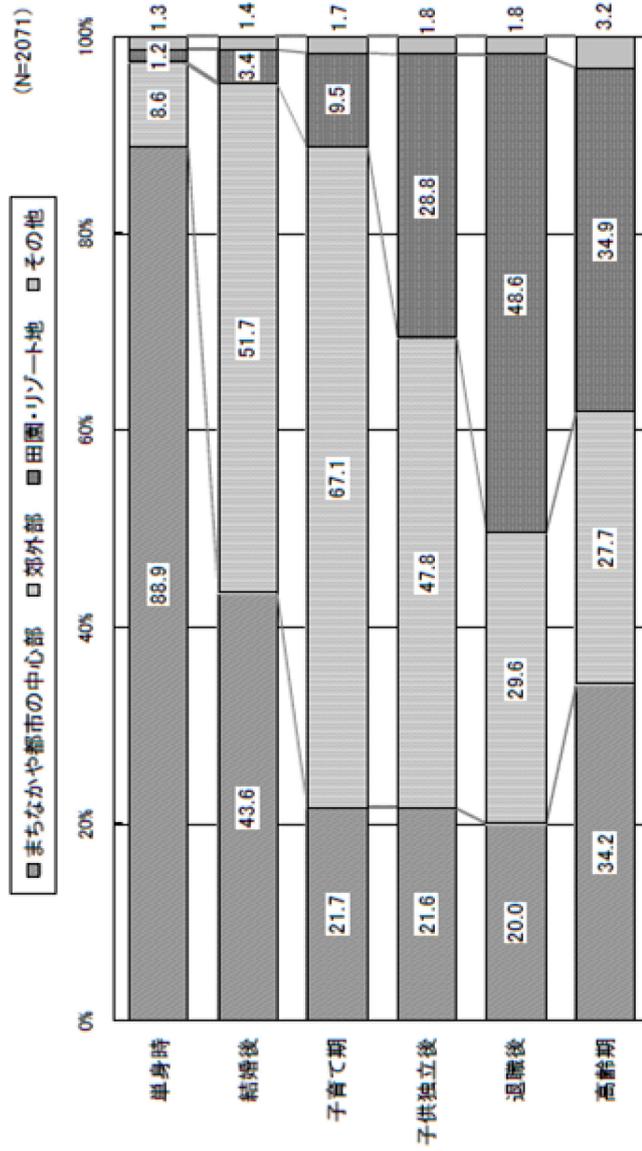


図 10 各ライフステージにおいて相応しい居住地のイメージ

図 6-3 ライフステージに応じた立地選択行動の意向調査
(居住地域に関する意識調査¹⁾を筆者にて加筆-2

6.4 アジア・ASEAN地域の都市・交通施策に対するCUEモデルの適応性

本研究ではCUEモデルをアジア・ASEAN地域に適用する事を目的に、「データ整備」と「家計の立地選択行動推定」に焦点をあて検証を行った。ここで、本節の主題となるアジア・ASEAN地域の都市交通施策に対するCUEモデルの適応性評価を行うにあたり、改めてCUEモデルの構造と潜在課題について明らかにする。

6.4.1 CUEモデルの構造と潜在課題

1) 交通モデルと土地利用モデルの調整期間の不一致

CUEモデルは交通モデルと土地利用モデルから構成されるLUTIモデルの一つであり、都市・交通施策に伴う立地選択の変化による誘発需要の予測が可能である特徴を持つ。ここで、立地選択の変化は短期の意思決定よりむしろ中・長期にわたる意思決定である事を考慮すると、CUEモデルは都市・交通施策による中・長期の効果推定に適したモデルであると解釈できる。一方、モデル構造の視点からは、交通モデルは標準的な四段階推定法を適用しており、短期的な交通行動を記述したモデルに位置付けられる。即ち、交通モデルと土地利用モデルにおいて調整期間が異なる選好行動を統合したモデルであるという点に課題を有している。

従い、CUEモデルにおいて短期行動を評価する場合は、中・長期行動を記述している土地利用モデルに対して、単身世帯と既婚世帯で移動層と留保層を区分する等、短期的に立地選択行動を行う層を明示的に区分した上で評価を行う事が求められる。一方、長期行動を予測する場合は、短期行動を記述している交通モデルに対して、パラメータ推定を基準年に代表される一時点の基礎データから推定するのではなく、時系列統計データ（プーリングデータ）から推定する事により、交通モデルに対して中・長期行動の要素を加味する事が必要である。

2) 集積の経済への対応

中・長期における都市形成や立地選択行動を評価する場合、集積の効果、即ち空間集積を企業と家計の間の相互作用として説明する事が求められる。空間集積を考える場合、人口・企業が特定の地域に集まる集積力と人口・企業が幅広く点在する分散力を明示的に説明する事が求められる。CUEモデルにおいては地価の上昇による他地域への立地変更行動が分散力として表現されている。一方、集積力については解釈を整理する必要がある。Starrettによる空間不可能性定理²⁾によると、以下の4つの仮定が成立する時、完全競争状態では均質な空間に経済活動の空間集積は生み出せないとし

ており³⁾、CUEモデルは全条件に該当する事から、本定理に基づくとCUEモデルは空間集積を表現する事は出来ないという解釈となる。

- ①【閉鎖経済】外部との取引は存在しない
- ②【ゼロの再立地費用】全主体は費用なしで立地選択可能
- ③【均質空間】空間は均質、家計の効用関数と企業の生産関数は立地点から独立
- ④【完全市場】あらゆる地点の全ての財について完全な市場が存在

ここで、集積の効果を考慮する手法の一つとして、上述の④について完全市場の前提を棄却し、金銭的外部性の下で空間均衡を描写する手法、即ち独占競争モデルにより、消費財・中間投入財の多様性による実質賃金上昇を通じた需要増加（前方連関効果）と消費財の需要増加に伴う企業誘引効果（後方連関効果）による循環的因果関係により集積の効果を説明する事が可能となるが³⁾、やはりCUEモデルは独占競争市場を仮定していない事から説明が困難である。

1.4.1節に示すCUEモデルの全体構造から集積の効果に対する解釈を整理すると、現モデルにおいては式(1-1)に表される家計の効用関数の所得： I_i による影響が支配的であると考えられる。所得： I_i については、式(1-2)に示す様に外生的に与えられる家計の賃金率・総利用可能時間・輸送費から導出する場合と自治体から公表されている家計所得の統計情報から外生的に設定を行う場合がある。前者の場合、各地域の家計の賃金率を設定する事は難しい事から各地域の輸送費の差が所得差となるが、実質的に地域による輸送費の差は限定的である事から、結果的に式(1-9)の調整項： τ_i に集積の効果が集約される事となる。一方、後者の場合、各地域にて異なる所得： I_i が設定可能となる事から、所得の高い地域が高い効用となり人口を誘引する事となる。当然ながら、所得： I_i のみでは集積の効果を表現しきれない為、式(1-9)の調整項： τ_i においてもその効果が反映される事となる。ここで論じる重要な点としては、現モデルにおいて集積の効果は所得や調整項など、固定的な因子として設定されている点である。従い、短期間の評価を行う上では容認できるものの、中・長期的な評価を行う場合、集積の効果に対する中・長期的な変化を表現する事が困難であるという課題が生じる。この事から、中・長期的な評価を行う場合は、集積の効果を内生的に表現できるモデルを構築する事が求められる。例えば、山崎ら（2005）⁴⁾は、立地選択モデルの企業の行動モデルのうち、生産関数に全要素生産性として従業者数を考慮する事により、集積の効果を表現している。この様に、中・長期的な評価を行う場合は、集積の効果を内生的に記述できるモデルとすることが必要である。

3) 交通モデル：四段階推定法における交通手段選択の代替性

CUEモデルの交通モデルでは標準的な四段階推定法を適用しており、あるODに対する需要予測への有用性は非常に高いものとなっているが、離散選択モデルを用いている為、交通手段選択は完全代替可能財として取り扱われており、料金施策等の交通機関の相互作用を要する施策には十分に答えられない点が指摘されている⁵⁾。即ち、四段階推定モデルではトリップベースの短期的な価格弾力性が各段階におけるモデルを通じて結果的に導出されており、長期的な交通機関間の代替・補完に対する価格弾力性が明らかとなっておらず、交通選択行動の実情に合致させる事が困難である事を意味している。この対策として、小池(2011)⁵⁾は、AIDSモデルを用い、日本全国の約40年分のプーリングデータを適用する事により、長期的な交通機関間の代替・補完関係と各価格弾力性を明らかにしている。

この事から、CUEモデルにおいて料金施策やモーダルシフトなどの代替交通に係る施策を行う際には、交通モデルの構造を小池(2011)⁵⁾の手法に習い改善する事が、実情に応じた交通手段選択行動を評価する上では必要であると考えられる。

4) 都市圏外からの人口流入への対応

1.4.1節に示した通り、CUEモデルは対象地域の人口と従業員数は外生的に与えられ、都市圏外との交流もない閉鎖モデルとして位置づけられている。日本の様に基本的な都市構造が固まった安定した都市を対象とした評価においては大きな課題とはならないものの、1.2.2節にて示した通り、アジア・ASEAN地域は経済成長の途中段階であり、都市化の進展により農村部から都市部への人口流入が今なお続いている。また、都市内においても労働市場の需給不一致により、多くの失業者が発生する状況となっており、CUEモデルが想定する全雇用状態の都市内立地行動の推定とは異なる環境である。

この事から、アジア・ASEAN地域の実情に適したモデルとする為には、CUEモデルを閉鎖モデルから人口流入を考慮したモデルとする事が必要であると考えられる。その方法の一つとして、Harris-TodaroモデルとCUEモデルの統合が考えられる。Harris-Todaroモデルは農村部と都市部という二地域における都市部の期待賃金と農村の実質賃金との均衡条件から、農村から都市部に流入する人口数を推定するものであり⁶⁾⁷⁾⁸⁾、同時に都市部の失業者数も推定する事が可能となる。また、CUEモデルにサーチ理論⁹⁾等により労働市場を追加し、労働の需給に応じた賃金設定メカニズムを盛り込む事により、都市部の成長に応じた農村からの人口流入と都市部内の失業問題を明示化できる事となり、アジア・ASEAN地域の実情に合致した複合的な都市経済モデルが構築できる可能性が考えられる。

以上、前述の4つの視点におけるCUEモデルの課題意識に対する改善の方向性について、表6-4にまとめる。

表6-4 CUEモデルの潜在課題と改善の方向性

課 題		CUEモデルの課題に対する改善の方向性	
		短期評価	長期評価
1	交通・土地利用モデルの調整期間不一致	<ul style="list-style-type: none"> 土地利用モデルに対して、移動層と保留層の区分により、短期的に立地選択行動を行う層を明示化. 	<ul style="list-style-type: none"> 交通モデルに対して、過去プーリングデータ等からパラメータを推定する事により、中・長期の交通選択行動の要素を反映.
2	集積の経済への対応	<ul style="list-style-type: none"> 現手法の通り、外生的に集積の効果を表現する手法で可. 但し、短期間においても都市構造の変化が大きい場合は、長期評価と同様の手法を適用. 	<ul style="list-style-type: none"> 土地利用モデルに対して、集積の効果を内生的に表現できるモデルへと改善(例えば、企業の生産関数に対する全要素生産性の要素を考慮).
3	交通手段選択の代替性	<ul style="list-style-type: none"> 現手法の通り、四段階推定法による短期的な価格弾力性を利用. 	<ul style="list-style-type: none"> 交通モデルに対して、小池(2011)⁵⁾の手法に習い、長期的な交通機関間の代替・補完関係と各価格弾力性の効果を加味したモデルに改善.
4	都市圏外からの人口流入	<ul style="list-style-type: none"> 現手法の通り、閉鎖モデルで可. 但し、短期間においても都市人口の流入が激しく都市構造に大きな変化が起こり得る場合は、長期評価と同様の手法を適用. 	<ul style="list-style-type: none"> 土地利用モデルに対して、Harris-Todaroモデルとの統合により、都市圏外(農村)からの人口流入数と失業者数を考慮した複合的な都市経済モデルへと改善.

6.4.2 アジア・ASEAN地域の都市・交通施策へのCUEモデルの適応性

アジア・ASEAN地域では急激な経済成長を背景に様々な都市・交通施策が計画・実行されており、その具体例については1.2節に示すとおりである。本研究の主題は、CUEモデルのアジア・ASEAN地域への適用であり、同地域で計画されている都市・交通施策に対して評価を行う事を目的としている。そこで、本節では1.2節で示したアジア・ASEAN地域で計画・実施されている都市・交通施策に対する、CUEモデルの適応性について記す。表6-5は、1.2節に示したアジア・ASEAN地域の都市・交通施策を分類した上で、従来のCUEモデルの適応性評価、及び本研究によるCUEモデルの課題意識と表6-4に追加的に示した潜在課題を考慮した上で、追加的に従来のCUEモデルに適用すべき要素について纏めている。

供給側面施策の代表であるインフラ整備に対しては、施策実施による需要状態を予測する事が求められ、CUEモデルにおいては誘発需要を含めた長期的な需要予測が可能である事から、適応性は高いと位置付けられる。但し、表6-4 1項にて示した通り、「交通モデルと土地利用モデルの調整期間の不一致」という潜在課題を有している為、長期需要予測を行う場合は交通モデルへの改善対応を、短期需要予測を行う場合は土地利用モデルの改善対応を行う事が、需要予測の精度を確保する上では必要となる。また、長期の需要予測を行う場合には、表6-4 2項に示す「集積の効果への対応」、即ち、外生的に与えている集積の効果を内生化する事により、都市成長に応じた空間集積の変化を考慮する事も重要である。一方、アジア・ASEAN地域の特徴を考慮すると、本研究で主題とした経済格差を起因とした行動選好の異質性への対処も重要な観点であると共に、長期需要予測においては継続的な経済成長に伴う都市化の進展への対応、即ち、表6-4 4項に示す「都市圏外からの人口流入」への対応も追加的に考慮する事がアジア・ASEAN地域において信頼性の高い需要予測を行う上では必要となる。

過剰な混雑に対する需要抑制やモーダルシフト促進を目的とした、代替交通手段への料金施策や交通利用規制については、部分的に適応可能であると位置付けられる。これは、従来のCUEモデルの交通モデルにおける四段階推法を用いる事により料金施策による交通手段選択への影響を評価する事は可能であるが、同手法では表6-4 3項に示した「交通手段選択の代替性」に関する課題、即ち、長期観点における交通機関間の代替・補完関係と各価格弾力性の効果を明示的に記述的できない為である。従い、交通手段選択行動の実情との整合性を高める為には、前節にて記載した通り小池(2011)⁹⁾によるAIDSモデルを用いた手法を交通モデルに適用・統合する事が求められる。

TOD型都市開発に関しては、持続可能な都市形成を目的とした長期的な施策評価がと共に、インフラ整備とモーダルシフト関連施策といった複合的な施策の評価が必要

となる。交通モデルと土地利用モデルを一体的に評価可能である CUE モデルは、当該施策の適用において他の都市政策モデルよりも適応性は高いと位置付けられるものの、前述の通り、交通手段の代替性評価において交通機関間の代替・補完関係と各価格弾力性の効果を明示的に記述的できていないという事を考慮し、部分的に適応可能であると位置付けた。しかしながら、「需要予測」と「代替交通手段に関する施策」において追加的に考慮すべき要素に対して対応を行う事により、信頼性の高い評価を行う事が可能になると考えられる。

一方、ピーク時間帯にのみに料金徴収を行うピークロードプライシング等のピークシフト施策や車両への乗車人数に応じた車両侵入規制（相乗り施策、3 in 1 施策など）は、静学的な集計モデルである CUE モデルにとっては適応し難い施策であると位置付けられる。

また、上述の都市交通課題に対応する施策以外に、アジア・ASEAN 地域には様々な都市問題が存在しており、「失業者対策」「スラム化対策」「地域間格差対策」等の様に都市形成の本質に係わる重要な課題に対して施策を講じる必要がある。この様な課題に対する CUE モデルの適応性という観点では、残念ながら現時点では適応が難しい状況であると言える。理由としては、CUE モデルの前提条件に起因しており、都市圏外との交流を考慮しない閉鎖モデルであると共に、都市内部は全雇用状態という理想状況を想定している為である。しかしながら、表 6-4 4 項に示す「都市圏外からの人口流入」を考慮する事により、都市部と農村の賃金格差を考慮した都市部への人口流入数や失業者数を取り扱う事が可能となる。即ち、CUE モデルと Harris-Todaro モデルを統合する事により、CUE モデルにおいて、労働者層と失業者層を明示的に区分する事が可能となる。都市部における失業者層はインフォーマル層としてスラム形成の要因となる。この失業者がモデル内にて明示的に区分される事により、スラムに対する個別施策の評価を実施できる可能性が生じる。また、CUE モデル内に労働市場を考慮し、家計（失業者含む）と企業間の労働需給を考慮した賃金調整モデルを考慮する事により、失業者に対する個別施策を評価できる可能性が生じる。アジア・ASEAN 地域においてこれらは非常に重要な都市問題である事から、CUE モデルの将来的な発展方向として重点的に取組んでいく事が望ましいと考えられる。

以上、アジア・ASEAN 地域における主要な都市施策に対する CUE モデルの適用性について整理した上で、CUE モデルの発展の方向性について考察を行った。現時点では様々な施策に対して部分的な適応に留まる側面もあるが、本節で示した CUE モデルの発展方向に対して継続的な研究実績を積み重ねる事により、アジア・ASEAN 地域の持続的な発展に貢献できるモデルへと、CUE モデルが発展していく事が望まれる。

表 6-5 アジア・ASEAN 地域の政策評価に対する CUE モデルの適用性

施策	CUE モデルによる アジア・ASEAN 地域の政策評価適用性	従来の CUE モデルに対して 追加的に考慮すべき要素
インフラ整備に伴う 需要予測	適応可能	<ul style="list-style-type: none"> ・ 経済格差に伴う家計の異質性の要素を考慮（本研究 第5章）. ・ 需要予測の期間（短期 or 長期）に応じた交通・土地利用モデルの調整期間不一致（表 6-4 1 項）への改善手法の適用. ・ 長期需要予測においては、集積の効果を内生可能なモデルへと改善（表 6-4 2 項）と Harris-Todaro モデルとの統合による人口流入・失業者数を考慮可能なモデルへの改善（表 6-4 4 項）.
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 長期需要予測（土地利用変化に伴う誘発需要推定）に適応可能な点の特徴. ・ 推定精度を向上させる為には、交通・土地利用モデルの調整期間不一致（表 6-4 1 項）への対応が必要. ・ 長期需要予測においては集積の効果（表 6-4 2 項）への対応と都市圏外からの人口流入（表 6-4 4 項）への対応を行う事が望ましい. 	
代替交通手段への 料金施策 (モーダルシフト・ 需要抑制)	部分的に適応可能	<ul style="list-style-type: none"> ・ 交通手段間の代替・補完関係と各価格弾力性の明示化に向けた、交通モデルへの小池（2011）⁵⁾による AIDS モデル手法の適用.
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 交通モデル：4段階推定法における、交通手段の完全代替可能財との条件下で評価. ・ 交通手段選択行動の実情との整合性を高める為には、交通機関間の代替・補完関係と各価格弾力性を明示する事（表 6-4 3 項）が望ましい. 	
代替交通手段への 交通利用規制 (モーダルシフト・ 需要抑制)	部分的に適応可能	<ul style="list-style-type: none"> ・ 交通手段間の代替・補完関係と各価格弾力性の明示化に向けた、交通モデルへの小池（2011）⁵⁾による AIDS モデル手法の適用.
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 交通モデル：4段階推定法における、交通手段の完全代替可能財との条件下で評価. ・ 交通手段選択行動の実情との整合性を高める為には、交通機関間の代替・補完関係と各価格弾力性を明示する事（表 6-4 3 項）が望ましい. 	
TOD 型都市開発	部分的に適応可能	<ul style="list-style-type: none"> ・ 経済格差に伴う家計の異質性の要素を考慮（本研究 第5章）. ・ 需要予測の期間（短期 or 長期）に応じた交通・土地利用モデルの調整期間不一致（表 6-4 1 項）への改善手法の適用. ・ 長期需要予測においては、集積の効果を内生可能なモデルへと改善（表 6-4 2 項）と Harris-Todaro モデルとの統合による人口流入・失業者数を考慮したモデルへの改善（表 6-4 4 項）. ・ 交通手段間の代替・補完関係と各価格弾力性の明示化に向けた、交通モデルへの小池（2011）⁵⁾による AIDS モデル手法の適用.
	<ul style="list-style-type: none"> ・ インフラ整備などによる長期的な効果を交通・土地利用の相互作用として評価可能できる事が特徴. ・ 長期に跨る施策評価となる為、需要予測には、上述の各対応を行う事が求められる（表 6-4 1,2,4 項）. ・ 公共交通指向型都市開発（モーダルシフト）に対する評価となる為、上述の代替交通手段への対応を行う事が求められる（表 6-4 3 項） 	
ピーク需要への ピークシフト施策	適応は難しい	-
	<ul style="list-style-type: none"> ・ CUE モデルは静学的な集計モデルであり、時系列評価を必要とする施策への対応は難しい. 	
道路効率利用への 相乗り施策	適用は難しい	-
	<ul style="list-style-type: none"> ・ CUE モデルは静学的な集計モデルであり、個人単位を対象としたマイクロ行動への対応は難しい. 	

施 策	CUEモデルによる アジア・ASEAN地域の政策評価適応性	従来のCUEモデルに対して 追加的に考慮すべき要素
スプロール化への 土地利用規制	適応可能	-
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土地利用モデルにおいて、住宅・業務土地への供給制約（容積率制限）を加える事により、政策模擬が可能。 	
失業者に対する 雇用施策	<p style="text-align: center;">現在は適応が難しいが、 モデルの改良により適応できる可能性あり</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ Harris-Todaro モデルとの統合による人口流入・失業者数を考慮したモデルへの改善（表 6-44 項）。
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 従来の CUE モデルでは、全雇用状態の都市内行動を前提としている為、CUE モデルの適応は難しい。 ・ 都市圏外からの人口流入（表 6-44 項）への対応を行う事により、失業者数と都市部における労働市場の明示が可能となり、失業者への雇用施策等を評価できる可能性がある。 	
スラム化に対する 抑制施策	<p style="text-align: center;">現在は適応が難しいが、 モデルの改良により適応できる可能性あり</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ Harris-Todaro モデルとの統合による人口流入・失業者数を考慮したモデルへの改善（表 6-44 項）。
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 従来の CUE モデルでは、全雇用状態の都市内行動を前提としている為、CUE モデルの適応は難しい。 ・ 都市圏外からの人口流入（表 6-44 項）への対応を行う事により、都市部における失業者（インフォーマルセクター）を明示的に取り扱う事が可能となり、各種規制に対するスラム層への感度分析に適応できる可能性がある。 	
地域間格差に対する 是正施策	<p style="text-align: center;">現在は適応が難しいが、 モデルの改良により適応できる可能性あり</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ Harris-Todaro モデルとの統合による人口流入・失業者数を考慮したモデルへの改善（表 6-44 項）。
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 従来の CUE モデルでは、都市圏外との交流が無い閉鎖型モデルであり、CUE モデルの適応は難しい。 ・ 都市圏外からの人口流入（表 6-44 項）への対応を行う事により、都市部と農村の相互連携が可能となる為、農村の生産性向上による都市部への人口流入感度分析などに適応できる可能性がある。 	

6.5 結言

本章では、本研究の主題である、CUEモデルをアジア・ASEAN地域へ適用していく事を見据えた際に発生する課題に対して、各章において個別に検証した内容を踏まえ、「データ整備」「CUEモデルの構造」「都市・交通施策への適応性」という3つの観点から方向性を検討した。結果、以下の成果を得た。

- アジア・ASEAN地域へのCUEモデルの適用に向けた「データ整備」に関する考え方について、交通データと土地利用データの整備状況、及び産・学・官の連携枠組みの構築を踏まえ、フローチャートとして方向性を示した。
- 国内、及びアジア・ASEAN地域へのCUEモデルの適用に向けた「CUEモデルの構造」について評価目的・期間・対象地域に応じたモデルの構造の方向性を、マトリクスとして示した。
- アジア・ASEAN地域の代表的な都市・交通施策に対するCUEモデルの適応性について整理すると共に、各施策に対して信頼性を持った評価を行う上でCUEモデルに求められる追加的要素を抽出し、CUEモデルの改善方向性として示した。

参考文献

- 1) 国土交通省 土地市場課：居住地域に関する意識調査，平成 22 年 6 月
- 2) Srarrett, D. : Market Allocations of Location Choice in a Model with Free Mobility, *Journal of Economic Theory*, Vol. 17, pp21-37, 1978
- 3) 藤田昌久：空間経済システムの自己組織化と発展について
- 4) 山崎清，武藤慎一，上田孝行，助川康：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*，31 卷，2005
- 5) 小池淳司：AI Demand System モデルによる交通需要弾力性推定による政策分析，*運輸政策研究*，pp2-pp8, 2011
- 6) John R. Harris, Michael P. Todaro : Migration, Unemployment and Development: A Two-Sector, *The American Economic Review*, Vol.60, No.1, pp126-142, 1970
- 7) Aquino L. E, Jaylson J. S, T. J. P. Penna : A Harris-Todaro Agent-Based Model to Rural-Urban Migration, *Brazilian Journal of Physics*, Vol. 36, No. 3A, pp603-609, 2006
- 8) 竹内信行：要素蓄積，技術進歩と都市失業 –Harris-Todaro モデルによる分析–, *Journal of International Cooperation Studies*, Vol.24, No.2, pp39-pp74, 2017
- 9) 山上俊彦：サーチ理論と均衡失業率，*日本福祉大学経済論集*，第 43 号, pp127-pp157, 2011

第7章 結論

アジア・ASEAN 地域の急激な経済成長に伴い多くの都市開発・交通開発の計画が行われている中、各国の政策担当者は日本が持つ交通開発・計画の実績と経験に大きな期待を寄せており、我が国として、これらをアジア・ASEAN 地域に適用していく事は、当該地域の持続可能な都市形成に繋がると共に、日本が保有する鉄道システムなどの高度な技術の輸出促進にも繋がると考えられる。

この様な背景の中、本研究では、日本における実用化された LUTI モデルの一つである CUE モデルを対象とし、当該モデルをアジア・ASEAN 地域の都市・交通開発の効果分析に適用する事を目的に、以下の3つの課題に対して検証を実施した。尚、②については、CUE モデルが従来から抱える本質的な課題にも該当する。各課題に対して各章において検証を行った成果について示す。

【アジア・ASEAN 地域への適用に向けた CUE モデルが抱える課題】

- ① 不足する基礎データへの対処
- ② 立地選択行動の推定精度の改善
- ③ 社会経済性毎に異なる選好の差異（所謂、家計の異質性）への対処

① 不足する基礎データへの対処

「不足する基礎データへの対処」の検討を行うにあたり、第1章において、日本／アジアの先進国（台湾）／アジアの新興国における CUE モデルに必要な基礎データの整備状況の整理を行い、日本では「国・県レベル」や「市・区レベル」の大ゾーンから「町丁目レベル」の小ゾーンまで整備されている土地利用データが、アジアの先進国（台湾）では「市・区レベル」に留まる事、アジアの新興国に至っては「国・県レベル」に留まる事を明らかにした。この様な土地利用データの整備状況と CUE モデルを用いた分析で必要となる土地利用データの粒度を踏まえ、「市・区レベル」の大ゾーンから「町丁目レベル」の小ゾーンの土地利用データを生成・推定する手法の提案に検討対象を定めた。

第2章では、台湾／桃園市が掲げる TOD 型都市開発を対象として、衛星画像を基に 250m メッシュ単位で土地利用区分を4つに識別し小ゾーン単位で集計した上で、既に桃園市で整備されていた「市・区レベル」の大ゾーンの土地利用データを基に按分する事により、「町丁目レベル」の小ゾーンの土地利用データの生成・推定を行う手法を示

した。この様に、従来では整備されていない小ゾーン単位の土地利用データの新たな推定手法を適用する事により、CUE モデルにおいて TOD 型都市開発の効果評価に求められる「公共交通駅単位の交通行動・立地変化の評価」を実施可能である事を示すと共に、土地利用データが十分に整備されていないアジア・ASEAN 地域の各国に対しても CUE モデルを適用できる可能性を示した。

② 立地選択行動の推定精度の改善

「立地選択行動の推定精度の改善」については、第3章から第4章にかけて検証を行った。第3章では、神戸市の過去30年間の発展経緯を対象として、立地選択行動に対する複数時点の現況再現分析を通じて、ロジットモデルを用いた立地選択行動推定の妥当性検証を実施した。検証の結果、立地選択行動の推定を行う上で、ロジットモデルの構成因子であり、地域固有の環境要素・地理要素を意味する“調整項”が立地選択行動の推定結果に大きな影響を与える事を明らかにした。

第4章では、第3章の検証結果として得られた“調整項”の構成要素を明らかにする事に加え、土地利用モデルの間接効用関数において各財の支出量を定める支出配分パラメータの新たな設定手法の提案を試みた。この課題意識は、従来のCUEモデルでは支出配分パラメータの設定をある一時点の統計データを用いて設定する、もしくは需要関数から最小二乗法により推定する手法が適用されているが、これらは立地選択数行動の現況再現性が十分に確認されておらず、将来時点の立地選択行動の推定を行う上において、現手法を用いる妥当性が十分に確認されていないからである。

本検証では、上述の課題に対して3つの段階に分け検証を行っている。STEP1では、支出配分パラメータの新たな推定手法として、立地選択モデルの間接効用関数と立地選択確率から支出配分パラメータを推定する手法を2つ提案し、従来の同パラメータの設定方法との比較検証を行った。検証の結果、従来の設定手法では間接効用関数の各財の支出量を正確に表現できない可能性が示され、今回提案した2つの手法の一つである、OLSを用いた支出配分パラメータの推定手法が望ましいとの方向性を得た。STEP2では、STEP1で実施した支出配分パラメータの推定値を用いて、間接効用関数のみで立地選択行動の現況再現性評価を行った。評価の結果、間接効用関数のみで立地選択行動の現況再現性を高める為には、「住宅の供給要因」に係る因子を考慮する必要がある事を見出し、情報の入手性などを考慮した上で、「可住地面積」を間接効用関数の構成因子として考慮するという方向性を示した。STEP3では、“調整項”の構成要素を明らかにする為、改めてSTEP1・STEP2の手順に沿い各パラメータを推定した上で、立地選択行動の観測値との残差（誤差要因）に対して、都市アメニティとの相関分析を実施する事により、

“調整項”の構成要素の特定を行った。評価の結果、調整項の構成因子は、各市・区の地域特徴を示している事が明らかとなり、交通条件を含む間接効用関数以外の地域特徴を考慮する事により、立地選択行動の推定性を改善する事ができる可能性を示した。

③ 社会経済性毎に異なる選好の差異（所謂、家計の異質性）への対処

アジア・ASEAN 地域の特徴である、経済格差などをはじめとする社会経済属性毎に異なる立地選択行動の選好の差（所謂、家計の異質性）を踏まえた分析を行う為、家計の異質性を考慮した CUE モデルの開発を行うべく、第 5 章では、兵庫県南部地域を対象として検証を行った。検証は大きく 2 つのステップに区別され、STEP1 では、兵庫県南部地域の住民を対象とした Web アンケートを行う事により、立地選択行動に対する属性毎の時間価値の差について明らかにした。

STEP2 では、STEP1 で求めた属性毎の時間価値の差を、CUE モデルの交通モデルと土地利用モデルに適用できる仕組みを構築した上で、交通モデル・土地利用モデルに段階的に家計の異質性の効果を適用していく事により、立地選択行動に与える影響について評価を行った。結果、土地利用モデルの間接効用関数を構成する支出配分パラメータに家計の異質性の効果を反映する事により、立地選択数の推定結果に大きな影響を与える事、交通モデルに家計の異質性の効果を反映する事により、同一ゾーン内で属性毎の立地選択行動の選好方向の差異を表現する事が可能となり、郊外地域の過疎化や若年層の都市部への集中などの様な、現実社会に即した立地選択行動を表現する事が可能となる事を明らかにした。

以上の①～③の課題に対する検証を通じて、CUE モデルをアジア・ASEAN 地域に適用していく為の方向性として、第 6 章において「データ整備」「CUE モデルの構造」「都市・交通施策への適応性」の観点から方向性を示した。「データ整備」の観点からは、CUE モデルの分析結果に一定の信頼性を確保する為にも、アジア・ASEAN 地域の全地域を対象として CUE モデルの適用を試みるのではなく、交通データの整備状況に応じた適用対象地域の絞り込みと同データを利用できる産・学・官の連携枠組みを構築した上で、土地利用データの整備状況に応じて不足データの補完を実施し、CUE モデルを適用すべきとの方向性を示した。また、「CUE モデルの構造」の観点からは、評価目的・予測期間（短期・長期）・対象地域（国内・新興国）に応じた CUE モデルの構造について、マトリクス形式で整理を行う事により、適用状況に応じた相応しい CUE モデルの構造について方向性を示した。さらに、「都市・交通施策への適応性」では、アジア・ASEAN 地域における都市・交通施策を分類した上で、各施策に対する CUE モデルの適

応性を明らかにすると共に、現在の CUE モデルが各施策を評価する上で不足する部分への対応方針を提示し、CUE モデルをアジア・ASEAN 地域の都市・交通施策評価に対応可能な実用モデルとして発展していく方向性について示した。

以上、本研究では CUE モデルをアジア・ASEAN 地域に適用していく為に考えられる課題と、CUE モデルが従来から抱える立地選択行動の推定精度向上という命題に対して、台湾／桃園市及び兵庫県／神戸市・周辺都市を対象とした実証性検証を通じて解決策を明らかにすると共に、「データ整備」「CUE モデルの構造」「都市・交通施策への適応性」の3つの観点から、具体的な取組みと改善の方向性を示した。本研究成果は、既に実用化された LUTI モデルの一つである CUE モデルの信頼性の更なる向上に貢献できると共に、CUE モデルのアジア・ASEAN 地域への適用範囲拡大の足掛かりになると考えられる。一方で各章において示した通り、本研究を通じて示した検証結果・方向性については、更なる追加検証を行うべき課題が存在する。これらについては、将来的な研究課題として継続的に検証を行っていく事により、CUE モデルの信頼性と利用機会の更なる向上に繋げていく必要がある。

最後に、冒頭に記載した通り、アジア・ASEAN 地域の政策担当者は日本が持つ交通開発・計画の実績と経験に大きな期待を寄せている。その様な中、本研究で主題とした CUE モデルに対する期待は非常に高く、アジア・ASEAN 地域の持続可能な都市形成に大きく貢献できるものであると信じている。世界中の人々がより豊かに、より笑顔に日々の生活を送る事ができる都市・交通環境を形成する為にも、今後も様々な研究者により継続的に CUE モデルの発展に係わる研究が行われる事に期待を込めて、本研究を締める事とする。

謝 辞

本論文を結ぶにあたり、本研究を遂行する上でご指導、ご鞭撻、ご支援を頂きました皆様に対して、この場をお借りして感謝の意を表します。

本研究の指導教官である神戸大学大学院工学研究科の小池淳司教授には、言葉では言い表せない程の感謝の気持ちでいっぱいです。思えば、本研究の出発点は、私が所属する三菱重工業(株)において、交通システムの海外拡販を目的とした案件組成手法を模索していた際、薫にもすがる思いで、先生の研究室を訪れた事がきっかけでした。それまで、交通計画・評価の経験が全く無かった私に対して真摯に接して頂き、そしてどんな時も私や会社の目的・将来像を第一に念頭に据え、議論を展開される先生の姿を目の当たりにし、感銘を覚えた事を今でも鮮明に覚えております。その後、機械工学系の専門知識しかない私が、先生の下で博士後期課程に進学したい事を相談した際にも、「CUE モデルを本格的に研究できるタイミングは今しかない」と力強く後押しをして下さいました。また、研究が始まってからは、物事の本質を理解・追及する姿勢や土木計画研究者として政策実務に向かう先生の姿勢は、私にとっては全てが学ぶべきものでした。先生とのゼミにおいては、私の理解不足から先生の意図する議論にならない事ばかりでしたが、辛抱強くご指導を頂いた事、更に私の研究・業務の両面に対して人脈形成を支援頂いた事、先生からご指導を頂いた全てが私の財産です。ここに感謝の意を表すと共に、今後も引き続き変わらぬご指導・ご鞭撻の程、よろしく願いいたします。

神戸大学大学院工学研究科の織田澤利守准教授には審査教官として多くの時間を割いて頂きました。先生と最初にご一緒させて頂いたのは、オランダのデルフト工科大学にて開催された日蘭セミナーでした。以降、先生からはいつも優しい笑顔で暖かい励ましのお言葉を頂くと共に、経済学をベースとした貴重なアドバイスを頂きました。社会人としての研究活動に苦しんでいた時期と重なっていた事もあり、先生からのお言葉に勇気づけられました。心より感謝の意を表します。

神戸大学大学院工学研究科の瀬谷創准教授には審査教官として多くの時間を割いて頂くと共に、第4章の共同研究者として空間統計分析の側面から多くのご指導を頂きました。私からの不定期なご相談に対し忙しい最中でも真先にご対応頂いた事、そして先生からの的確なご指導が無ければ、本章の分析は進める事が出来ませんでした。心より感謝の意を表します。

神戸大学大学院工学研究科の井料隆雅教授と香川大学工学部の紀伊雅敦教授には、ご多忙な中、審査官を快く引き受けて頂くと共に、高度なご見識に基づく貴重なご意見を頂きました。ここに、感謝の意を表します。

㈱価値総合研究所の山崎清氏には、第2章の共同研究者として政策分析に係わる概念や実務における課題解決法についてご指導を頂くのみではなく、ご自身の経験に基づく社会人博士課程を進める上でのあるべき研究姿勢や代表的な研究者の研究概要・変遷など、知識が不足する私に対する指導の為に多くの時間を割いて下さいました。厚く御礼申し上げます。また、同社 柳沢一希氏と佐原あきほ氏には、第2章の研究を進める上で多くの議論をさせて頂きました。その一つ一つが私にとっては知識を深める貴重な機会であり、私自身の成長に繋がったと感じております。更に、柳沢氏と遅くまで語り合った台湾・桃園市の夜は、私が研究を始める際の大きなモチベーションとなりました。深く感謝申し上げます。

復建調査設計㈱の佐藤啓輔氏には、小池研究室における社会人博士課程の先輩として、研究の進め方や心構えなど、多くのご指導を頂きました。研究委員会や学会等でご一緒させて頂いた際に頂戴したアドバイスは、苦しんでいる私の状況を的確に捉えるものであり、心救われる気持ちでした。ここに、感謝の意を表します。

土木計画学研究委員会の小研究委員会である、「応用一般均衡分析と交通分析の統合に関する研究小委員会」における研究事例発表を通じて、首都大学東京の石倉智樹准教授をはじめ、幹事・委員の多くの先生方から、研究の課題点や方向性に関する貴重なご指導を頂きました。多くの専門的な先生方の前で研究成果を発表する事は、私にとって非常に緊張する時間でありましたが、親身になって研究の改善方法を議論して頂ける場を経験できた事は、私にとって非常に価値のある経験となりました。ここに、感謝の意を表します。

神戸大学小池研究室に所属する学生にも多くの支援を頂きました。特に、第3章と第5章の共同研究者である友国純志氏と宮本佳直氏とは、研究の方向性・モデル構築方針・分析結果評価などについて休日も含め多くの議論を交わした事が、研究成果に繋がったと思っております。ここに、感謝の意を表します。

また、本研究に取り組む機会・職場環境を与えて頂いたのは、三菱重工業㈱の多くの方々のご支援によるものです。この場をお借りして感謝申し上げます。川口賢太郎氏は、私が本研究に取り組むきっかけを与えて下さりました。初めて小池先生を訪問した時も、川口氏が新しい可能性の芽を見つけ、小池先生への訪問に私を誘って下さったのが始まり

でした。私が社会人博士課程への進学を相談した際も、親身になり相談に乗って頂き、自身の経験を踏まえた上で進学する事の価値を助言下さいました。あの言葉がなければ、決心ができていなかったと思います。深く感謝いたします。また、藤田謹也氏・大野秀和氏・田村仁志氏には、私が業務をしながら研究活動を続けられる様、職場環境・業務量・体調面など多くの部分で配慮を頂きました。皆様の支援が無ければ、本日まで仕事と研究活動の両立は成し得なかったと痛感しております。心より感謝いたします。更に、鈴木航氏・矢野真也氏・佐野順平氏・小林由佳氏には、業務面で新規プロジェクトを進める中、多くの負担をかけてしまったにも関わらず、常に応援をして頂きました。この場を借りて御礼申し上げます。

本研究は、ここに記載しきれなかった多くの方々のご指導・ご鞭撻があり、本日に至った事を銘記すると共に、深く御礼を申し上げます。

最後に、最も子育てが忙しく難しい時期にも関わらず、週末・長期休暇の大半を研究活動に当てる事を容認し、かつ研究活動の苦しい時期に励ましてくれた妻・桂子と、幼稚園から小学校低学年という最も遊びたい時期にほとんど遊んであげられなかったにも関わらず、たまに行った散歩とバトミントンを良い思い出と言ってくれる愛娘・彩加に、心から感謝したい。家族の全面的な支援無くして、本日という日を迎える事が難しかったという事を深く自身の胸に刻み、これからも日々精進していく所存である。

2018年7月 山本 浩道

神戸学博士論文

「応用都市経済モデル（CUEモデル）のアジア・ASEAN地域への適用に向けた検証」 全218頁

提出日 2018年7月11日

本博士論文が神戸大学機関リポジトリ Kernel にて掲載される場合、掲載登録日（公開日）はリポジトリの該当ページ上に掲載されます。

© 山本浩道

本論文の内容の一部あるいは全部を無断で複製・転載・翻訳する事を禁じます。