国土交通政策研究第１４号

環境負荷の少ない都市･国土構造に関する研究

― 首都圏モデル ―

２００２年１２月

国土交通省国土交通政策研究所
総括主任研究官　山口勝弘
主任研究官　野澤和行
前研究官　青木宏諭
研究官　小池剛史

はじめに

我々の生活は、エネルギーの消費や汚染物質の排出等、様々な環境負荷を発生させているが、地球環境の有限性が認識されるようになった今日、持続可能な発展をしていくためには、環境負荷の少ない都市・国土構造の構築を検討していく必要がある。

特に、人口や産業の集積が著しい首都圏は我が国経済の発展を牽引する役割を期待されており、その活力を引き出すための交通基盤整備や都市施策が CO_2 排出量の増大を招く結果となると、我が国として今後果たしていかなければならない地球温暖化防止に逆行することとなる。このため、首都圏における交通体系及び都市構造に関する施策が、中長期的に同地域からの CO_2 排出量に及ぼす影響を評価した。

従来の多くのシミュレーションが交通体系に係る施策を交通市場のみにおいて評価しているのに対し、本研究では交通と土地利用の相互作用を考慮したモデルを用いている点が大きな特徴となっている。また、モデルの開発やシミュレーションの実施に当たっては、(株)価値総合研究所　村林正次主席研究員及び山崎清、山本雅資研究員にご協力いただいた。

さらに、本研究を行うに当たっては、研究会を設置し、花木啓祐東京大学工学系研究科教授、秋澤淳東京農工大学生物システム応用科学研究科助教授、兵藤哲朗東京商船大学流通情報工学課程助教授、森本章倫宇都宮大学工学部助教授から、大変有益かつ貴重なご指導をいただいた。ここに感謝の意を表したい。

2002年12月

国土交通省国土交通政策研究所
総括主任研究官　山口勝弘
主任研究官　野澤和行
前研究官　青木宏諭
研究官　小池剛史

本研究の概要

１．研究の枠組み

１－１　研究の背景と目的

環境負荷の少ない都市・国土構造を構築していく上で、我が国の人口の 25%以上（3,300 万人）、GDP の約 30%を占める首都圏（東京都、神奈川県、埼玉県及び千葉県）の分析が不可欠である。首都圏は我が国の経済社会の発展を牽引する役割が期待されているが、活力を引き出すための交通基盤整備や都市施策が CO_2 排出量の増大を招く結果となると、我が国として今後果たしていかなければならない地球温暖化防止の観点からは逆行することとなり、環境面で持続可能な首都再生の実現が困難となる。このため、首都圏を対象地域とし、交通体系及び都市構造に関する以下の施策が中長期的に CO_2 排出量に及ぼす影響を評価した。

【評価する施策】

①筑波エクスプレス（常磐新線）、埼玉高速鉄道等の都市幹線鉄道の整備
②首都圏中央連絡道路等の高規格な環状道路の整備
③みなとみらい 21、幕張新都心、さいたま新都心等の業務拠点都市の育成

評価に当たっては、交通体系の変化と住宅・オフィスの立地との関連を織り込んだ交通・土地利用モデル[1]を用いて民生部門（住宅・業務）及び運輸部門（自動車・鉄道）からの CO_2 排出量の変化を分析した。運輸部門においては、交通渋滞の緩和による走行速度の改善が環境負荷に及ぼす影響等を分析することが可能なシステムとした。また、産業部門等についても簡易な推計を行い、同地域における全部門からの CO_2 排出量を総合的なモデルで推計した。

１－２　計測手法の基本的考え方

（１）CO_2 排出量の推計方法

CO_2 排出量は以下のように各分野における活動量（交通量、世帯数等）に活動の状態（走行速度、ライスタイル等）依存した CO_2 排出原単位を乗じて推計される。

【CO_2 排出量の推計方法】

CO_2 排出量＝活動量（交通量、世帯数等）×活動状態（走行速度、ライフスタイル等）
＝活動量（交通量、世帯数等）×CO_2 排出原単位（活動状態に依存）

（２）活動量及び活動状態推計の考え方

１）都市圏構造（活動量及び活動状態）の捉え方

都市圏構造は図１－１のように、『自然・環境』『幹線道路ネットワーク』『鉄道ネットワーク』『拠点（面的な整備）』『生産・消費活動』『移動・交通』の各断面が相互作用を及ぼす重層的な構造になっている。そのため、各側面の構造変化は他側面に影響を及ぼす外部経済効果が発生している。

[1] （株）価値総合研究所において開発された交通モデルと土地利用モデルを統合した「戦略的統合型大都市圏政策モデル（SIMP モデル：Strategic Integration Metropolitan Policy Model）を使用している。

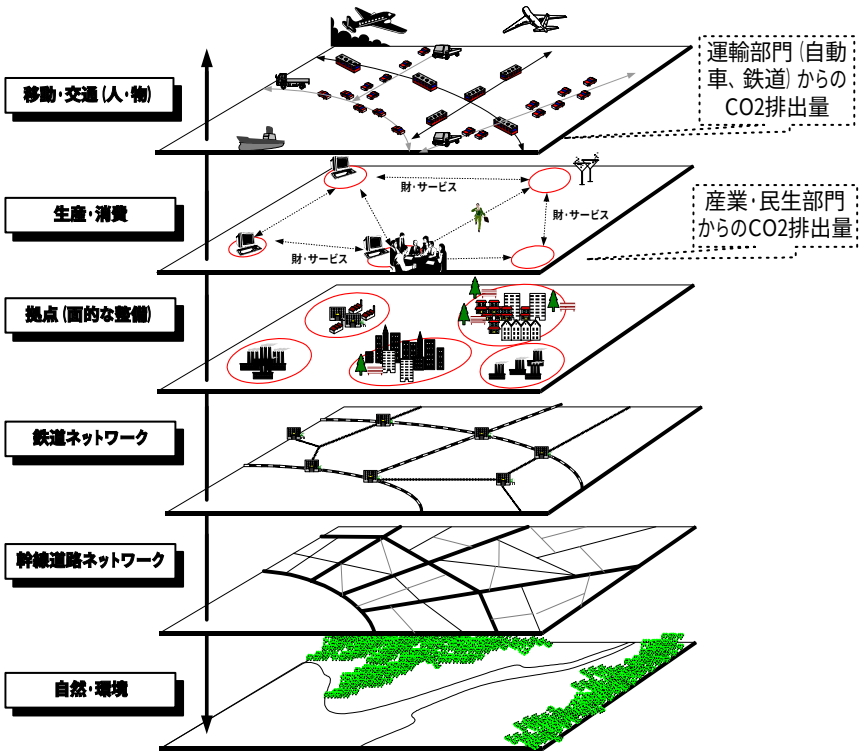


図　都市圏構造と CO_2 排出の関係

2）従来からの推計手法

■　従来の土地利用指標の推計手法

民生部門の（土地利用指標）の推計方法は、一般的に都市圏全体の総量を外生的に与え、都市間の配分を行うものや出生率、社会移動を考慮したコーホート法等が使用されている。

■　従来の交通モデル

運輸部門の指標（交通関連指標）の推計方法は、交通モデルとして広く利用されており、総合的な交通体系を扱う場合には、一般的に四段階推計法が用いられる。これらは土地利用指標を外生的に与え、発生・集中交通量、分布交通量（OD）、交通機関分担、配分交通量の順に決定されていくものであり、各段階の変化による影響を考慮するためにフィードバック及び同時決定の構造を持つモデルもある。

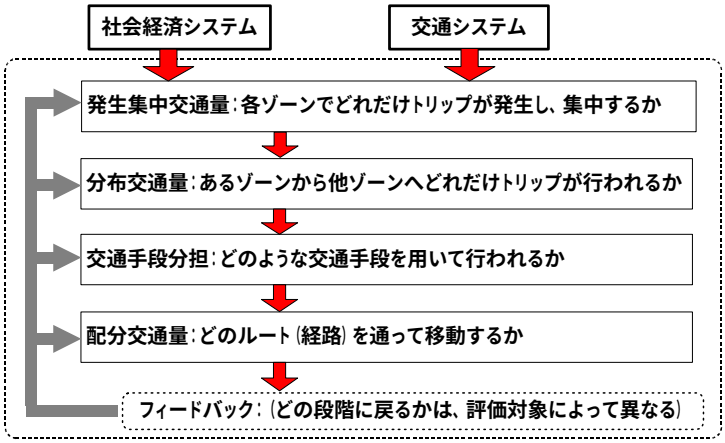


図　四段階交通需要予測の標準的プロセス

３）交通・土地利用モデルの必要性

本研究での評価対象施策は骨幹的な交通基盤整備及び業務拠点の育成等の長期的な施策であり、これらの施策は都市圏全体の都市構造及び交通体系に以下のような影響を及ぼすことが考えられる。

【想定される施策の影響】

① 鉄道整備により、道路交通から鉄道交通へ交通量が転換され、自動車交通量が低減される。

② 道路整備により、道路混雑は緩和されるが鉄道交通から道路交通へ転換され、道路混雑は緩和されるが、自動車交通量は増加する。

③ 交通基盤の整備により、交通利便性が向上し、世帯の居住地の変更、企業の立地の変更等で土地利用が変更され、地域間の移動量（OD）が変化する。

④ 交通基盤整備に伴う世帯、企業の立地量の増加により土地需要が高まり、地代が上昇する。また、地代の上昇により立地魅力度が低下し、世帯、企業の立地量が減少する。

⑤ 業務核都市等の育成により、業務核都市周辺に世帯が立地し、職住近接化が図られる。それに伴い郊外部の乗用車の増加、郊外間での業務交通の増加により、CO_2排出量は増加する。

⑥ 郊外での居住が増加した場合、首都圏全体で戸建て住宅が増加し、CO_2排出量は増加する。

上記のメカニズムを考慮する場合、土地利用及び交通体系の相互関連性を考慮したモデル分析の必要がある。そこで、本研究では、土地利用モデルと交通モデルを統合化したモデルとして、戦略的統合型大都市圏政策モデル（*SIMP* モデル：*Strategic Integration Metropolitan Policy Model*）を使用する。

（３）本調査における CO_2 排出量推計の枠組み

交通基盤整備及び都市構造再編等の CO_2 排出量削減施策を *SIMP* モデルに入力し、*SIMP* モデルからの出力である旅行速度及び世帯人員等の活動状態の指標を用いて CO_2 排出原単位を推計し、活動量に乗じて CO_2 排出量を推計する。

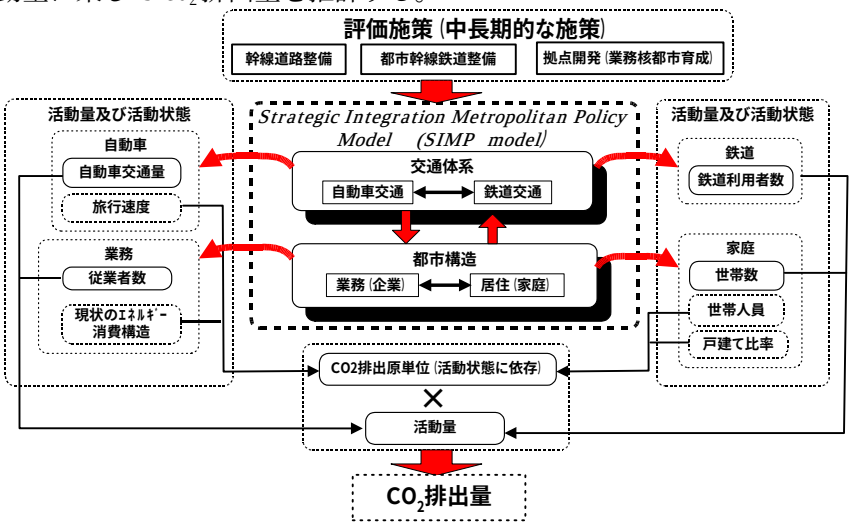


図　本研究における CO_2 排出量及び削減施策の推計手法

１－３　計測の各種設定条件

（１）シナリオ設定

本調査ではCO_2削減技術を組み合わせ以下の３つのシナリオ（戦略）を検討する。

表　設定シナリオ

NO	検討ケース	内容
1	現状維持（BAU）	・　将来の交通基盤整備無し ・　業務拠点育成無し
2	現状計画	・　鉄道：運輸政策審議会 18 号答申 A1、A2 路線整備 ・　道路：3 環状 9 放射、第 2 湾岸整備 ・　業務拠点育成無し
3	都市施策	・　鉄道：運輸政策審議会 18 号答申 A1、A2 路線整備 ・　道路：3 環状 9 放射、第 2 湾岸整備 ・　業務拠点育成（注）

注）業務拠点育成：臨海副都心、みなとみらい 21、幕張新都心、さいたま新都心、立川基地跡地の大規模開発により、計画どおりに従業者が増加した場合を想定。

（２）交通ネットワーク

交通基盤は、ゾーニングとも整合を図り、道路は都道府県道以上、鉄軌道に関しては新交通システム、モノレール以上を対象とした。

（３）総人口

対象エリア内の総人口は外生的に与える。総人口の将来値は基本的に「都道府県将来推計人口（人口問題研究所：H9）」を用いている。総人口は 3,400 万人から 2010 年で 3,544 万人（4.0%増）で 2030 年では 3,343 万人（1.9%減）の見通しである。

表　将来人口見通し（万人）

	1995 年	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年	2020 年	2025 年	2030 年
総人口	3,406.6	3,494.1	3,518.9	3,544.0	3,536.3	3,495.3	3,426.1	3,342.5
1995 年比	0.00%	2.57%	3.30%	4.03%	3.81%	2.60%	0.57%	-1.88%

（４）産業構造

本調査では市場原理で立地を変更する「サービス業」と政策的に立地が変更される「基礎的産業」に分類し、「基礎的産業」に関しては外生的に各ゾーンに与え、「サービス産業」が各ゾーンで内生的に変化するものとする。

表　産業（従業者）分類

大分類	モデル上の分類	構成	モデル上の扱い
基礎的産業	1 次産業従業者	1 次産業＋鉱業	外生
	建設業従業者	建設業	外生
	製造業従業者	製造業	外生
	本社機能	企業の本社勤務者	外生
	本庁機能	中央官庁、都県庁勤務者	外生
	運輸通信業従業者	運輸通信業	外生
サービス業	小売業	全小売・卸売業	内生
	公務員	本庁勤務者以外の公務員	内生
	その他サービス業	その他 3 次産業	内生

対象エリア内の総従業者数は第 5 次首都圏基本計画と同様に、今後は人口減少、高齢化により労働力人口は減少するが、女性の社会進出が一層進展することを考慮し、2030 年までは 1995 年値が維持されるとしている。

表　従業者数の設定（万人）

	1995 年	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年	2020 年	2025 年	2030 年
基礎的産業	698	701	687	671	655	630	607	586
サービス業	1,093	1,090	1,104	1,120	1,136	1,161	1,184	1,205
合計	1,791	1,791	1,791	1,791	1,791	1,791	1,791	1,791

（5）対象範囲

本調査の対象範囲及びゾーニングは下図のとおりである。対象地域は首都圏（東京都、神奈川県、埼玉県及び千葉県）に茨城県南部地域を加えた地域とする。ゾーニングについては、中心部及び近郊都市は区市町村単位で行い、周辺部は地方生活圏をベースに交通ネットワークを考慮して作成した。ゾーン数は 169 ゾーンである。

図　本調査の対象エリア及びゾーニング

（6）経済成長

経済成長は、今後、IT 関連産業成長、創業・起業の活発化、労働市場の変化、多様な就業形態、女性・高齢者の労働力率の高まり等による新しい成長軌道に回復した後、中長期的に持続的成長していくことを想定し 2%とする。

（7）CO_2 排出原単位

各部門における CO_2 排出原単位は下図のとおりである。

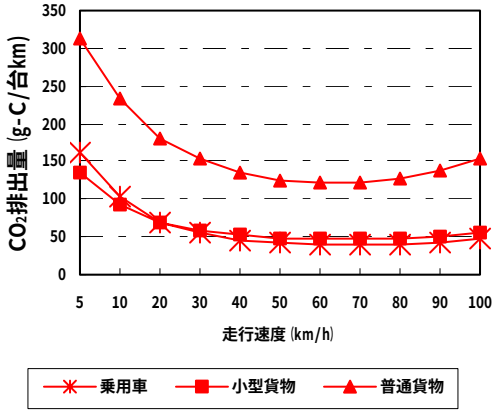


図　自動車の CO_2 排出原単位[2]

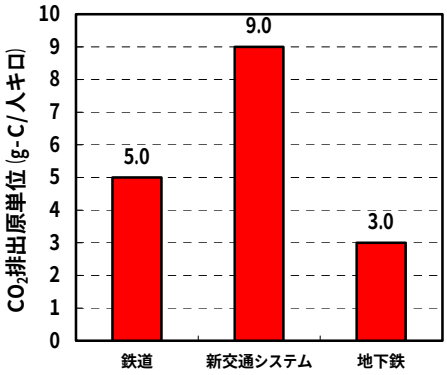


図　鉄道の CO_2 排出原単位[3]

---

[2] 「道路投資の評価に関する指針（案）　（道路投資の評価に関する指針検討委員会）」

[3] 「地球温暖化問題への国内対策に関する関係審議会合同会議」資料

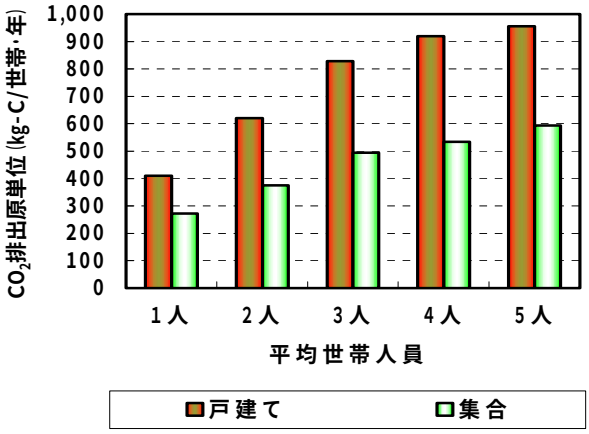


図　家庭部門の CO_2 排出原単位[4]

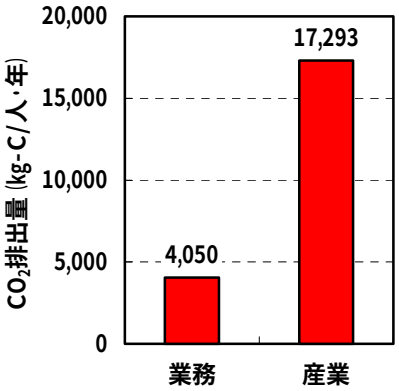


図　業務・産業の CO_2 排出原単位[5]

２．活動量及び活動状態の推計方法

２－１　モデルの全体構造

モデルの全体構造は 5 年毎に土地利用及び交通モデルが次々に実行されるダイナミックなモデル構造であり、1990 年の交通モデルから 2030 年の交通モデルまで実行する。モデルの特徴は以下のとおりである。

【本モデルの特徴】

①対象地域に立地する立地者（居住者、従業者）の総立地者数は外生的に与えられている。都市経済学で言う Closed City である。その下で各ゾーンの立地需要量が決定される。

②土地利用、交通の各市場は価格（交通費用、地代）メカニズムにより需要と供給が調整され、各時期に各市場は均衡状態に達する。

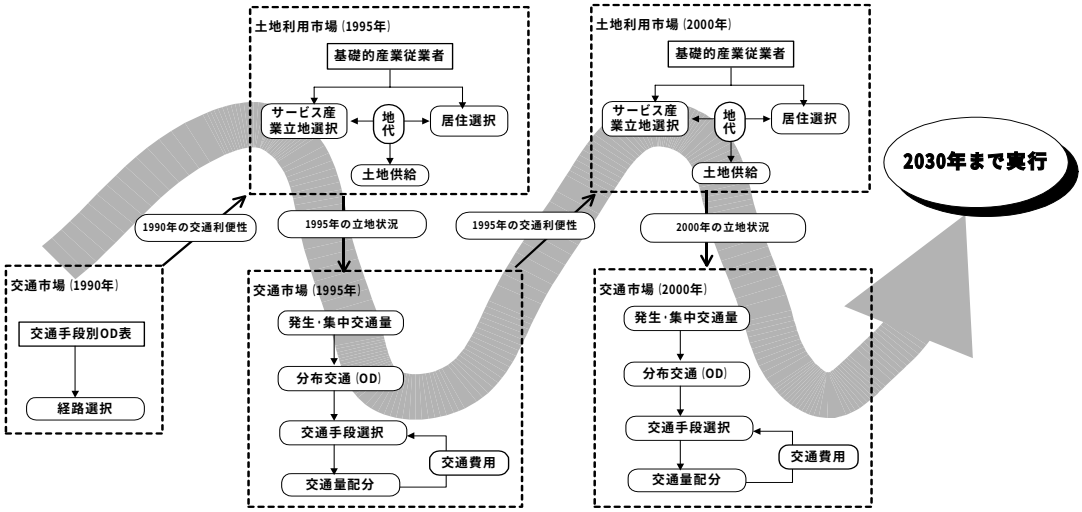
③今期の土地利用市場は前期の交通市場の影響（交通利便性の変化等）を受ける。つまり、今期の交通基盤の整備（供給）は、次期の土地利用の立地需要に影響を及ぼす。

④両市場は同時期に均衡状態に至らず、モデル全体は擬似的な動学的モデルとなる。これは交通手段及び経路選択は比較的短期間に均衡状態に達するが、立地がインフラ整備等の交通市場の影響等を受けて、均衡状態に達するまでには長期間を必要とするためである。また、総立地数は年々変化し、完全な均衡状態には達しない。

---

[4] 「民生部門エネルギー消費実態調査（NEDO）」より推計

[5] 業務部門はサービス産業に本社・本庁機能従業者数、産業部門はその他の基礎的産業従業者数を対象とし、全国の平均値を用いている。



図モデルの擬似的動学的フロー

２－２　土地利用モデル

本モデルの土地利用モデルは、基本的にはミクロ経済学的な多市場均衡モデルであり、世帯、企業（サービス業）、不在地主が効用（利潤）最大化の行動を行い、土地市場内で地代を介して立地分布、土地供給が決定されていく。

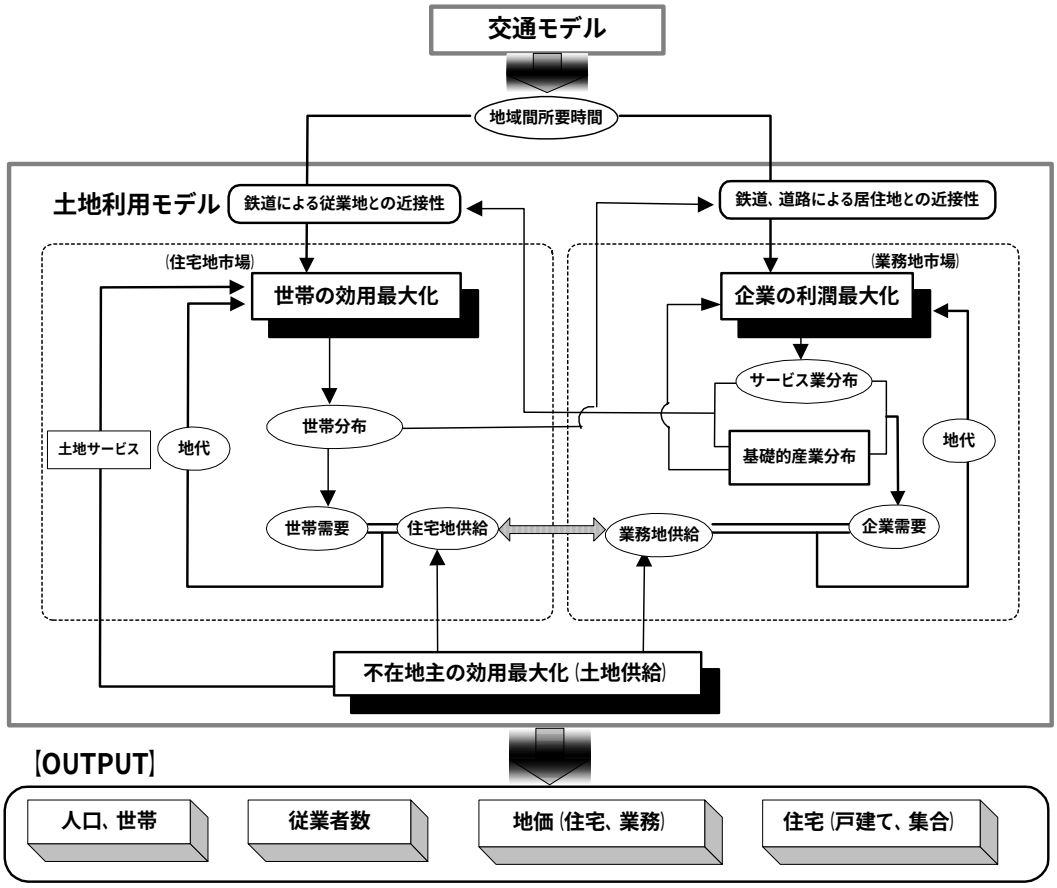


図　土地利用モデルの全体構造

（モデルの仮定）

①主体は同一選好をもつ世帯及び業種・職種別の就労者 1 人当たりで捉えた企業、そして不在地主のみを考えている。

②世帯は効用最大化行動に従って立地選択を行うものとし、その結果から居住地が決定する。

③企業は利潤最大化行動に従って立地選択を行い、その結果から各ゾーンの労働需要量が決定する。その際に製造業、官公庁等の基礎的産業の変動は市場原理のみでは説明困難なものとして立地選択モデルに外生的に与えられる。

④各ゾーンに１人の不在地主が存在し、不在地主は効用最大化行動に従って用途別の土地供給を行い、その結果、各ゾーンの用途別の土地供給量が決定される。

⑤市場は住宅、業務の土地市場であり、両市場は各用途の地代を介して決定される。

２－３　交通モデル

交通モデルの以下のように基本的に四段階推計法であるが、交通量配分結果後に交通サービスレベルを分担モデルにフィードバックし、擬似的な分担・配分統合モデルとしている。

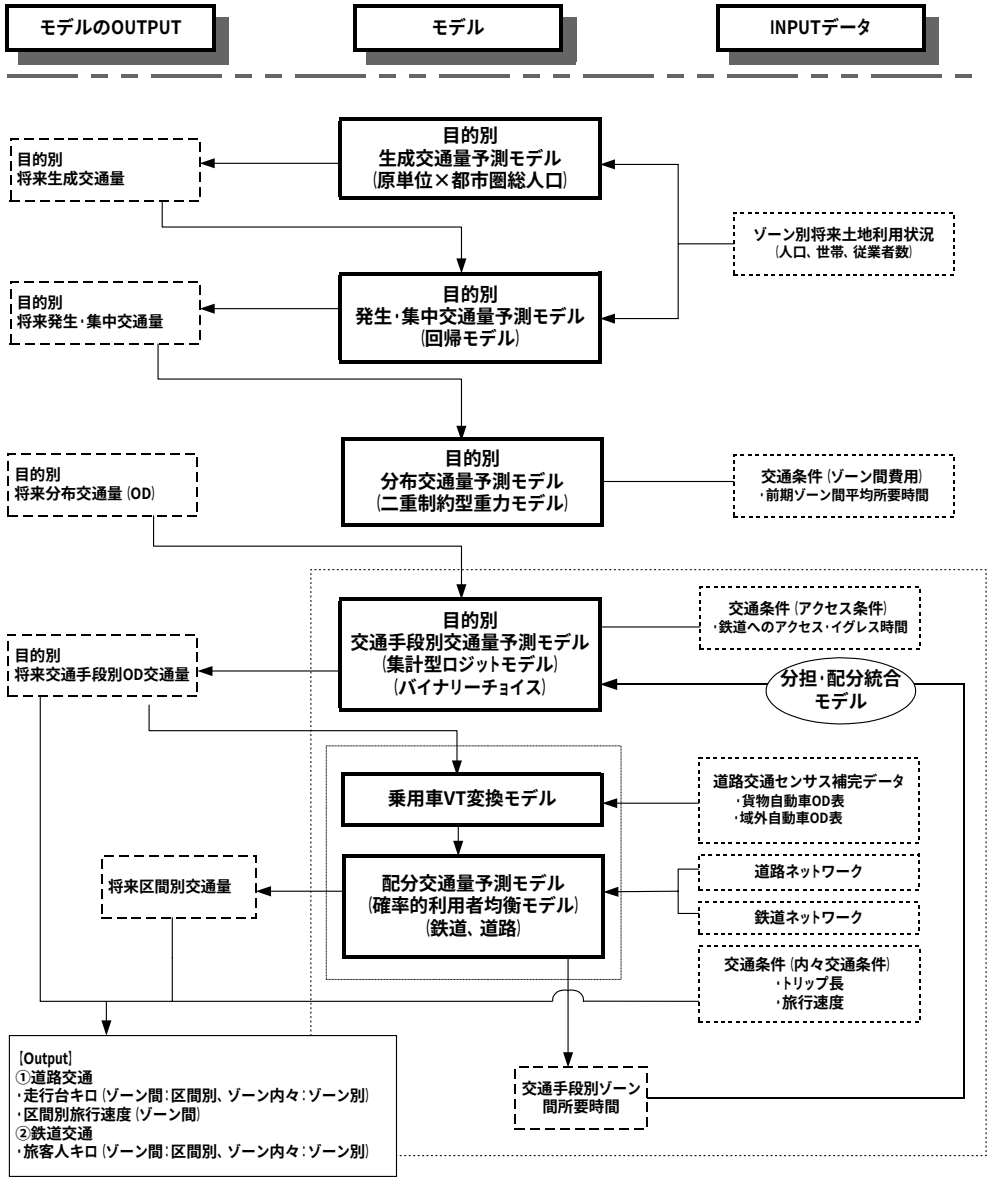


図　交通モデルの全体構造

２－４　モデルの妥当性の検証

（１）人口、従業者数の分布の検証

SIMP モデルのパフォーマンスの評価を以下に示す平均平方誤差（RMSE）、平均平方誤差率（RMSE 率）で示す。1995 年（現況）では RMSE 率は人口が約 3.5%、従業者数は 4.3%である。さらに、2000 年の人口分布について実測値と推計値を比較では RMSE 率が 4.2%となっており、比較的良好な結果である。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(X_i - \hat{X}_i)^2} \qquad RMSE率 = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{X_i - \hat{X}_i}{X_i}\right)^2}$$

表　1995 年のモデルパフォーマンス

	1995 年		2000 年
	人口	従業者数	人口
平均平方誤差(RMSE)	3,061	1,564	6,666
平均平方誤差率(RMSE 率)	3.555%	4.334%	4.224%

（２）世帯の都心回帰の検証

次に、都心部の人口を見ると、1995、2000 年ともに誤差率が 1%以下であり、2000 年の増加率もほぼ同値であることから、本モデルでは最近の世帯の都心回帰現象を表現している。

表　都心 11 区[6]の人口の推計値と実測値の比較

	1995 年（①）	2000 年（②）	変化率（②／①）
実測値（人）	1,853,451	1,907,889	2.94%
推計値（人）	1,867,628	1,921,425	2.88%
誤差率	0.76%	0.71%	

（３）交通基盤整備の人口分布への影響の検証

さらに、交通基盤整備による影響を分析するために、1990～1995 年に開業した鉄道が影響を及ぼしたと考えられる地域の推計人口を実測値と比較した。

その結果、横浜市都筑区（港北ニュータウン）、幕張新都心（千葉市美浜区）、白井町（千葉ニュータウン）等は誤差率が 2%以下であり、良好な結果と言える。これらより、本モデルを使用することにより、交通基盤整備が土地利用（人口分布等）へ与える影響を考慮した分析が可能となった。

表　鉄道開業による人口分布への影響の検証

市区町村名	実測値			推計値			1990～1995 年に開業した路線
	1995 年 ①	2000 年 ②	増加率（②/①）	1995 年	2000 年 ③	2000 年 誤差率（②③の比較）	
横浜市都筑区	116,776	155,116	32.8%	116,663	152,895	1.43%	横浜市営地下鉄
千葉市美浜区	128,732	135,509	5.3%	127,953	134,955	0.41%	京葉線（東京～西船橋）
千葉市緑区	82,780	101,828	23.0%	82,346	94,781	6.92%	京葉線（東京～西船橋、千葉みなと～蘇我）
千葉市若葉区	149,263	151,353	1.4%	149,800	152,780	-0.94%	千葉都市モノレール
白井町	47,450	50,430	6.3%	47,625	51,236	-1.60%	北総開発鉄道（新鎌ヶ谷～京成高砂）
戸田市	97,571	108,092	10.8%	97,419	103,769	4.00%	埼京線（池袋～新宿）

[6]都心 11 区とは首都高中央環状線の内側の区であり、以下の区が含まれる。千代田、中央、港、新宿、文京、台東、墨田、江東、豊島、荒川、渋谷

３．CO_2排出量の推計

３－１　運輸部門からの CO_2 排出量

（１）自動車

自動車からの CO_2 排出量は、2030 年には 1995 年と比較して、BAU では 627 万トン（約 19%）増加するが、交通基盤整備等の削減施策を講じることにより、451 万トン（14%）増加に抑えられる。施策効果（BAU と各ケースの比較）をみると、交通基盤を「現状計画」で整備する場合が最も効果が高く、BAU と比較して 175 万トン（約 4.8%）削減される。

本モデルでは分担・配分統合型モデルを使用しており、道路混雑により鉄道へのシフトが考慮されているため、道路を整備した場合、自動車に利用者がシフトし道路が混雑する。その情報が利用者に伝わり、鉄道へシフトし、道路混雑が緩和し、再度、道路へ転換されるというプロセスが均衡状態に至るまで続けられるというメカニズムが反映されており、従来の四段階推計法のように BAU で大きな排出量となっていない。さらに、世帯、企業の立地の変化を導入しており、交通基盤整備後に整備された基盤周辺に世帯・企業が立地し、交通量が増加する。そのため、施策実施後でも排出量の減少が従来モデルよりも少ない。これらの２つの要因により従来のモデルと比較して CO_2 削減効果が小さくなっている。

表　１－１　自動車からの CO_2 排出量（万トン－CO_2／年）

		CO_2 排出量（万トン－CO_2／年）			1995 年との比較（各ｹｰｽ－1995 年）		BAU との比較（各ｹｰｽ－BAU）	
		内々	内外	合計	変化量	変化率	変化量	割合
1995 年		799.4	2,391.5	3,190.9	0.0	0.00%		
2030 年	BAU	695.3	3,122.2	3,817.5	626.6	19.64%		
	現状計画	728.8	2,913.6	3,642.4	451.5	14.15%	-175.1	-4.81%
	都市施策	723.2	2,953.0	3,676.3	485.4	15.21%	-141.2	-3.84%

（２）鉄道

鉄道からの CO_2 排出量は 2030 年には 1995 年と比較して、BAU では 134 万トン（44%）増加するが、交通基盤等の削減施策を講じた場合、道路のサービスレベルの向上により、鉄道分担率が減少し、100 万トン（33%）増加に抑えられる。本調査では、鉄道の CO_2 排出原単位を利用者数に一定値を乗じて推計しているため、利用者数の増加がそのまま CO_2 排出量増加になっている。実際には利用者数増加により、混雑率上昇し、１人当たりの CO_2 排出量は減少していくものと考えられる。施策効果をみると、「都市施策」の効果が大きく、BAU と比較して 40 万トン（約 15%）削減される。これは「都市施策」を講じることにより、鉄道の密度が薄い郊外部へ世帯が移り、自動車分担率が上昇するためである。

表　１－２　鉄道からの CO_2 排出量（万トン－CO_2／年）

		CO_2 排出量（万トン－CO_2／年）			1995 年との比較（各ｹｰｽ－1995 年）		BAU との比較（各ｹｰｽ－BAU）	
		内々	内外	合計	変化量	変化率	変化量	割合
1995 年		4.9	162.6	167.6	－	－	－	－
2030 年	BAU	4.4	297.0	301.5	133.9	44.42%	－	－
	現状計画	4.3	265.4	269.8	102.2	33.90%	-31.7	-11.75%
	都市施策	4.3	256.7	261.1	93.5	31.02%	-40.4	-15.48%

３－２　民生部門

（１）家庭

世帯からの CO_2 排出量は、2030 年には 1995 年と比較して BAU では 150 万トン（約 5.4%）増加する。世帯数は都市圏全体で約 12%増加するが、世帯人員の減少により各世帯からの CO_2 排出量は減少するためである。

施策効果をみると、「現状計画」「都市施策」ともに BAU と比較して排出量が多くなる。これは施策を講じることにより、土地利用の分散化が進展し、世帯の取得可能な土地が増加し、戸建て住宅数が増加するためである。

表　家庭からの CO_2 排出量（万トン－CO_2／年）

		CO_2 排出量（万トン－CO_2／年）			1995 年との比較（各ケース－1995 年）		BAU との比較（各ケース－BAU）	
		戸建て住宅	集合住宅	合計	変化量	変化率	変化量	割合
1995 年		1,664.4	1,094.2	2,758.6	0.0	0.00%		
2030 年	BAU	1,769.5	1,138.4	2,908.0	149.3	5.41%	0.0	0.00%
	現状計画	1,783.6	1,130.7	2,914.3	155.6	5.64%	6.3	0.22%
	都市施策	1,785.4	1,130.3	2,915.7	157.1	5.69%	7.8	0.27%

（２）業務

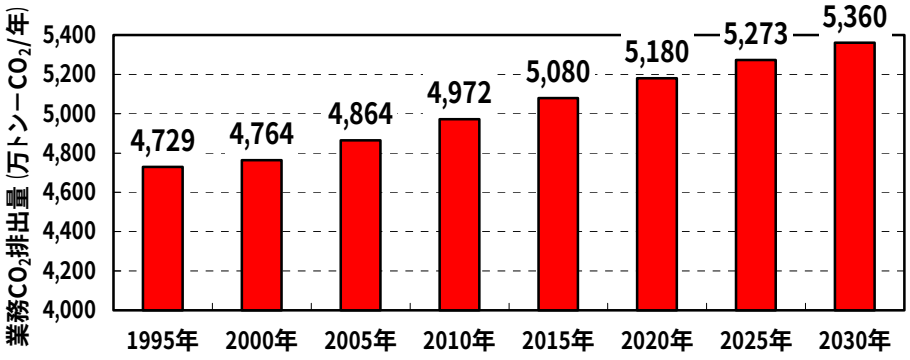


図　業務からの CO_2 排出量（万トン－CO_2／年）

３－３　産業部門

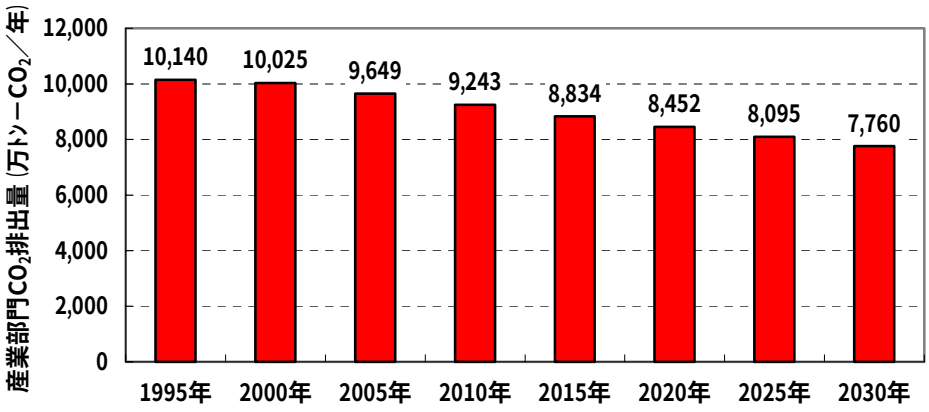


図　産業部門の CO_2 排出量（万トン－CO_2／年）

４．まとめ

産業部門、エネルギー転換部門、工業プロセス、廃棄物燃焼まで含めると、2030 年の首都圏からの CO_2 排出量は 1995 年に比べて 5.5%減少し、主要な交通基盤整備を行えばさらに 0.8%の排出量削減が可能との推計結果が得られた。

しかしながら、CO_2 排出量の減少は産業構造転換による産業部門からの減少が大きく寄与しており、主要な交通基盤整備を行ったとしても、交通・民生部門からの CO_2 排出量は 1995 年比でむしろ 12%増加している。このため、2010 年度までの CO_2 排出削減等に係る目標値[7]（交通：1990 年度比 17%増＝1995 年度の水準を維持、民生：1990 年度比 2%減）との関連では、交通基盤整備による交通円滑化対策のみでは不十分であり、今後、それ以外の方策による CO_2 排出削減が不可欠であると考えられる。

ケース別では「現状計画ケース」が最も排出量が少なく、「都市施策」を推進した場合の分散型の土地利用は CO_2 排出の観点からは望ましくない。

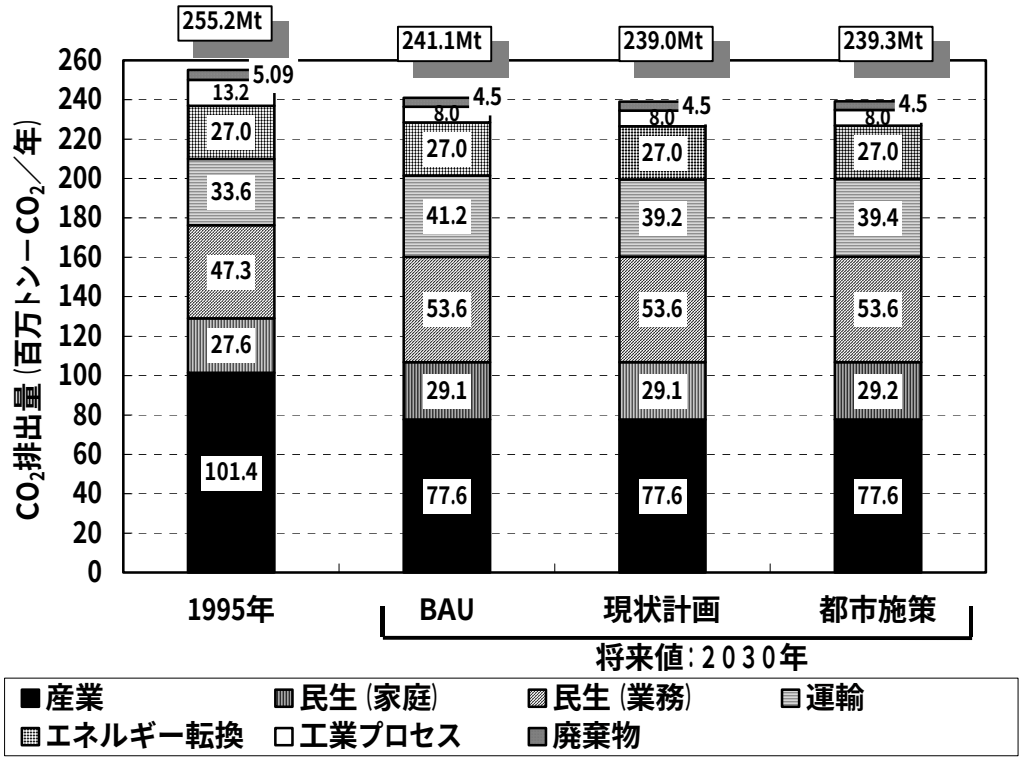


図　首都圏の CO_2 排出量

表　CO_2 排出削減率（削減効果）

	BAU	現状計画	都市施策
1995 年との比較	5.54%	6.33%	6.23%
BAU との比較	－	0.83%	0.72%

[7] 「地球温暖化対策推進大綱」（2002 年 3 月 19 日 閣議決定）

５．今後の課題（モデル改良の方向性）

本研究は大都市圏における交通体系及び都市構造に係る各種施策が CO_2 排出量に及ぼす影響について首都圏を対象地域として分析した。今後のこのような統合的モデルの改良の方向性は以下のとおりである。

５－１　モデル全体の改良の方向性

（１）マクロ経済モデルとの整合性

本調査で構築した土地利用・交通モデルでは「総従業者数」「産業構造」「経済成長率」「家計所得」等が外生的に与えられている。従来のモデルでは交通需要は経済活動の派生的需要であるとの認識であり、都市構造・交通体系等の空間的構造は経済活動の下でモデル化されていた。しかしながら、空間的構造が経済メカニズムに与える影響は大きく、特に生産面（供給面）においては生産効率の向上に大きく寄与すると考えられている。そのため、今後は土地利用・交通モデルとマクロ計量経済モデルと組み合わせることにより、モデルの全体構造の中で大都市圏の経済・都市圏構造・交通体系・CO_2排出を一体的に捉えることが可能なモデルを構築する。

これにより、これまで外生的に与えられていた「総従業者数」「産業構造」「経済成長率」「家計所得」を内生化することができ、各種基盤整備、業務核都市への立地誘導が経済成長、産業構造、都市構造、交通体系、環境負荷に与えるインパクトを把握することが可能となる。

（２）動学的均衡モデルへの拡張

本モデルでは、擬似的なダイナミックなモデルであり、土地利用・交通モデルの土地利用と交通が同時に均衡しておらず、均衡理論的な解釈や EV（等価変分）による便益評価やできない構造になっている。これらの課題を解決している統合モデルとして上田・武藤モデルがあるが、このモデルは目標時点での評価モデルであり、ダイナミックな構造とはなっていない。これらを考慮し、現状モデルでは前期（５年前）の交通利便性を用いていたが、各年次で交通、土地利用の均衡状態を導く構造とする。

（３）人口フレーム

モデルは都市圏全体の総従業者数、総人口、産業構造等の基本フレームによって結果が大きく異なる。これらについての感度分析を行っていく必要がある。平成 14 年 3 月には新たな「都道府県の将来推計人口」が発表されており、本調査で使用しているフレーム（平成 9 年推計の「都道県の将来推計人口」）と若干異なり、本調査の対象地域である東京圏＋茨城県の人口は前回と比較して、2025 年で約３％増加している。これらを考慮しつつ、人口、従業者のフレームを±5%程度で感度分析を行っていくことが必要である。

５－２　土地利用モデルの改良

（１）効用関数の変更

現状の土地利用・交通モデルの世帯、企業の効用関数は間接効用関数を線形と仮定していた。そのため、各ゾーンで所得を同値とした場合、ロジットモデルへの変換過程で所得が相

殺される構造である。また、Varian によると間接効用関数を仮定しても問題は無いとしているが、モデル化のプロセスでは直接効用関数から導いた方が望ましいと考えられる。そのため、上田・武藤モデルを参考にしつつ、効用関数を改良していく。

（2）立地選択モデルでの留保層の考慮

現在の SIMP モデルや既存の土地利用モデルでは、対象地域の世帯、企業等の全ての主体を立地配分する場合が多い。しかしながら、実際には t 期から t+1 期の間に対象地域の全ての主体が立地点を変更するわけではない。そこで、本モデルでは青山ら[8]のモデルと同様に主体を立地動態別に「留保層」と「変動層」に分類し、変動層のみを立地配分対象とする。

（3）土地供給

現状の SIMP モデルでは土地供給量を課税ベースの「宅地」を用いており、将来も変化しないと仮定していた。このため区画整理事業等の新規宅地供給を考慮しておらず、交通基盤整備沿線の土地供給を考慮していなかった。区画整理事業を考慮する場合、多くは段階的に供用され、供用年次を把握することは困難な状況である。また、当該事業に既存の宅地が含まれている状況もあるため、宅地面積に単純に区画整理事業を足し合わせると実態と不整合が生じる。そこで、本調査では土地供給量に「市街化区域」を用い、将来にわたって一定とする。これは今後、スプロール化による市街化区域の拡大は基本的に行わず、区画整理事業は市街化区域の中で行われると仮定するためである。また、「宅地」は土地を利用した需要量である。土地の供給量としては計画区域である「市街化区域」を使用することが望ましいと考えられる[9]。

（4）建物開発者の行動モデルの導入の検討

現在の土地利用・交通モデルでは世帯、企業、地主の３主体の行動を考慮している。そのため、都市施策として建物容積率等を考慮することが困難である。そのため、上田・武藤モデルを参考に、建物開発者の行動も考慮していくことが必要と考えられる。

しかしながら、建物床面積等のデータ収集の可能性等もあり、本調査ではまず、モデル化の可能性を検討していく。その検討後、導入可能と判断した場合にモデル化を行う。

---

[8] 青山、中川「立地変動を考慮した実用的な土地利用・交通モデルの構築（2000 年）」

[9] 現状の SIMP モデルでは将来見込まれる人口減少時代を想定し、今後、宅地供給は現在以上には行われないと仮定していたため、土地供給に宅地面積を用いた。

ー 目 次 ー

１． 背景と目的、位置づけ 1

１－１ 背景 1
１－２ 目的 5
１－３ 構築モデルの位置づけ 6

２． モデル構築の方向性 13

２－１ 土地利用・交通モデルの発展経緯 13
２－２ 既存の土地利用・交通モデルの分類 14
２－３ 既存の交通モデル 17
２－４ モデル構築の方向性 20

３． モデルの前提条件の整理 23

３－１ 対象地域 23
３－２ 基本フレームの作成 24

４． モデル構造 27

４－１ モデルの全体構造 27
４－２ 土地利用モデルの構造 28
４－３ 交通モデルの構造 40

５． パラメータ推計 45

５－１ 土地利用モデル 45
５－２ 交通モデル 47

６． モデルの実行 53

６－１ シナリオの設定（戦略の設定） 53
６－２ 土地利用モデルの整合性の確認 56
６－３ 土地利用結果 57
６－４ 交通関係結果 74

７． CO_2 排出量の推計 89

７－１ 運輸部門からの CO2 排出量 89
７－２ 民生部門 90
７－３ 産業部門 91
７－４ CO_2 排出量のまとめ 92

８． 今後の課題（モデルの改良の方向性） 95

８－１ モデル全体の構造 95
８－２ 土地利用モデルの改良 98
８－３ 交通モデルの改良 99

１．背景と目的、位置づけ

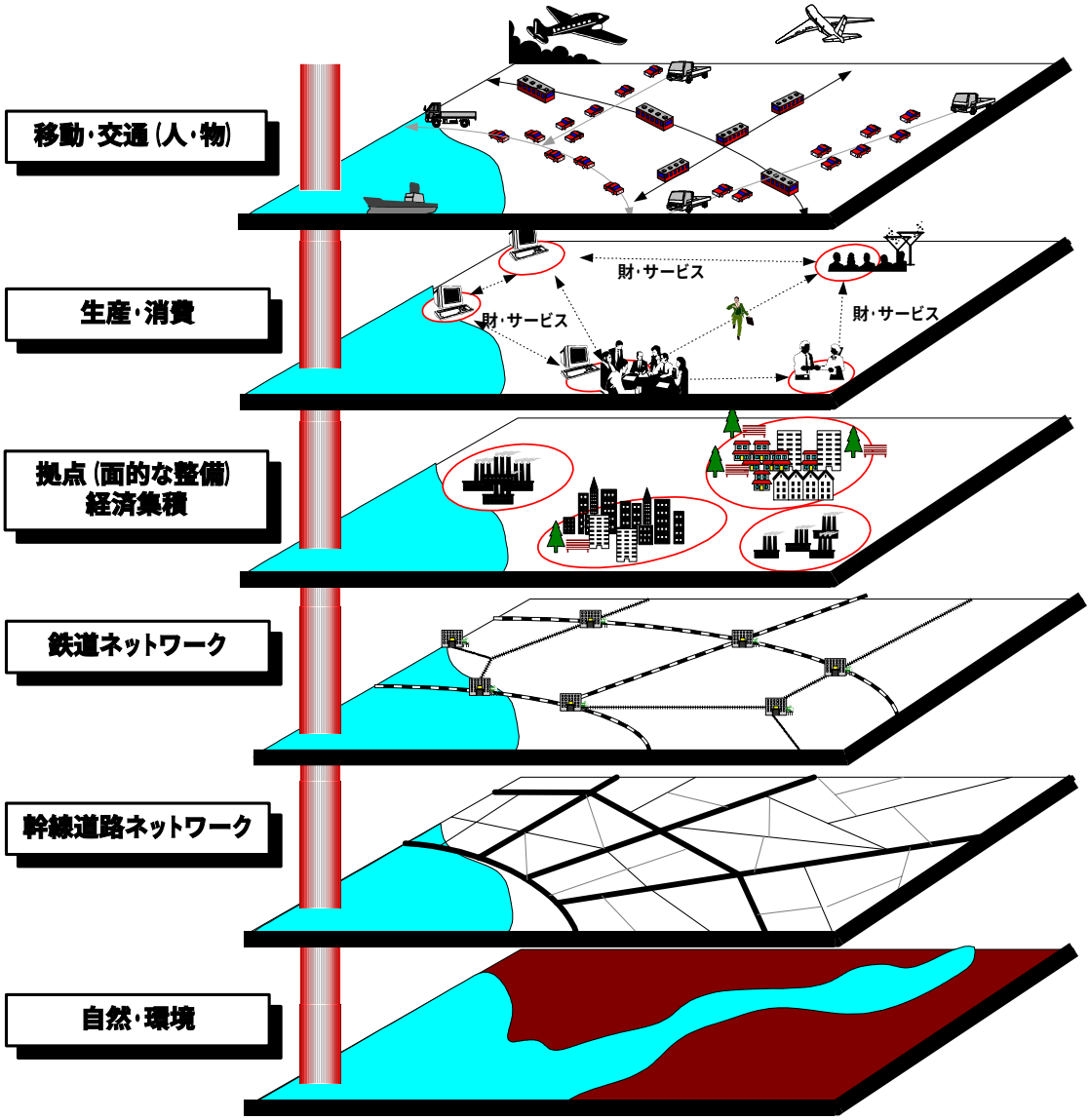
１．背景と目的、位置づけ

１－１ 背景

（１）統合的な視点

地域（地方）構造は下図のように、『自然・環境』『幹線道路ネットワーク』『鉄道ネットワーク』『拠点（面的な整備）』『生産・消費活動』『移動・交通』の各側面（レイヤー）が相互作用を及ぼす重層的な構造になっており、各側面の構造変化は他側面に影響を及ぼす外部経済効果が発生している。

そのため、今後、「運輸・交通政策」「大都市圏整備計画」「経済・産業の活性化」等の各分野においては外部性を考慮しつつ、計画立案をしていく必要がある。本章では各分野における統合的な計画ツールの背景について以下に記述する。



出所：（株）価値総合研究所作成

図 １－１ 地域（地方）の重層構造

（2）運輸行政からの視点

『運輸政策審議会答申第 20 号　－21 世紀初頭における総合的な交通政策の基本的方向について』では今後の運輸・交通政策に関して以下のように記述されている。

社会・経済の変化は量的な拡大に主眼が置かれてきた従来の交通システムのあり方にも根本的な転換を迫っており、交通政策の基本目標として、輸送力の確保が交通政策に占める比重は縮小しつつあり、これに対して、移動の快適性、輸送の効率性、環境との調和や安全性の向上のような交通の質的側面の向上に対する要請が格段にその重みを増している。さらに、我が国の経済社会が大きく変化しつつある中で、交通の変化が経済社会の他の部門に与える影響も注目されるべきであり、交通の改善が交通需要の発生の背景となる経済社会のあり方そのものに影響を与え、それがまた交通需要の変化につながるというダイナミックな捉え方が必要であり、単に交通を経済社会の諸活動の結果、発生した移動需要を充足させるものとして受動的に捉えるだけでは不十分である。

以上のような理由から 21 世紀初頭には「モビリティの確保」を前提としつつも、交通の質的側面をより重視した政策の展開を図るとともに、交通が経済社会に与える影響を十分に考慮し、交通以外の政策分野にも積極的に貢献していくことが必要であり、このような考え方から交通政策の新しい目標として「経済社会の変革に対応するとともに変革を促すモビリティの革新」を提言している。

このような運輸・交通政策のニーズの変化とともに、従来の交通計画ツールも改善していく必要がある。従来は経済・社会活動の諸活動の下で派生した移動需要を充足させるための交通施設供給計画を中心に行っており、交通の変化による社会・経済活動の変化を考慮することはほとんどなく、交通の変化による社会・経済活動の変化、それに伴う交通の変化のダイナミックな都市活動の挙動を把握することが困難であった。そのため、交通基盤整備計画段階では社会・経済活動の変化が予測できず、『誘発交通の問題』『騒音、大気汚染等の環境問題』『有料道路、公共交通機関の採算性』等の様々な問題を引き起こしてきた。

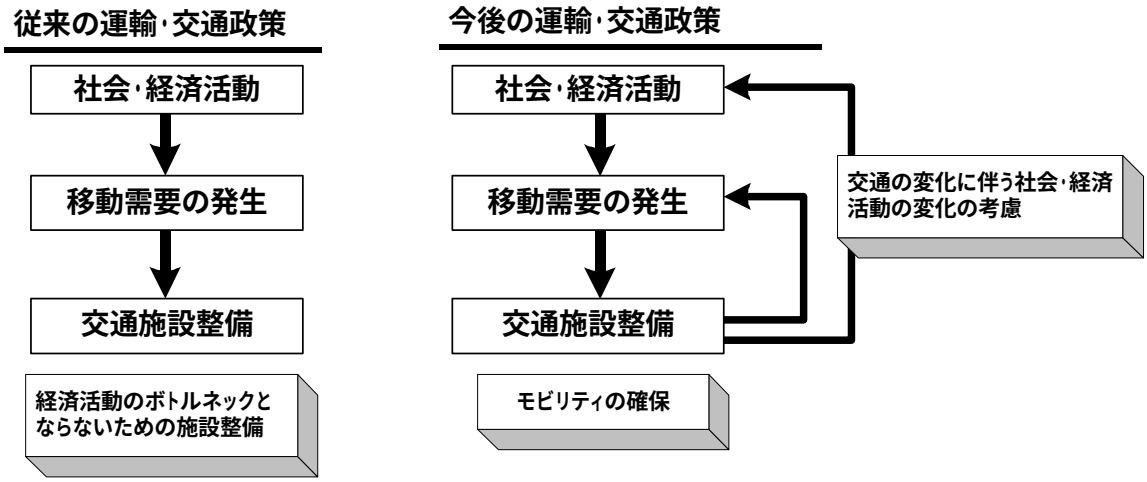
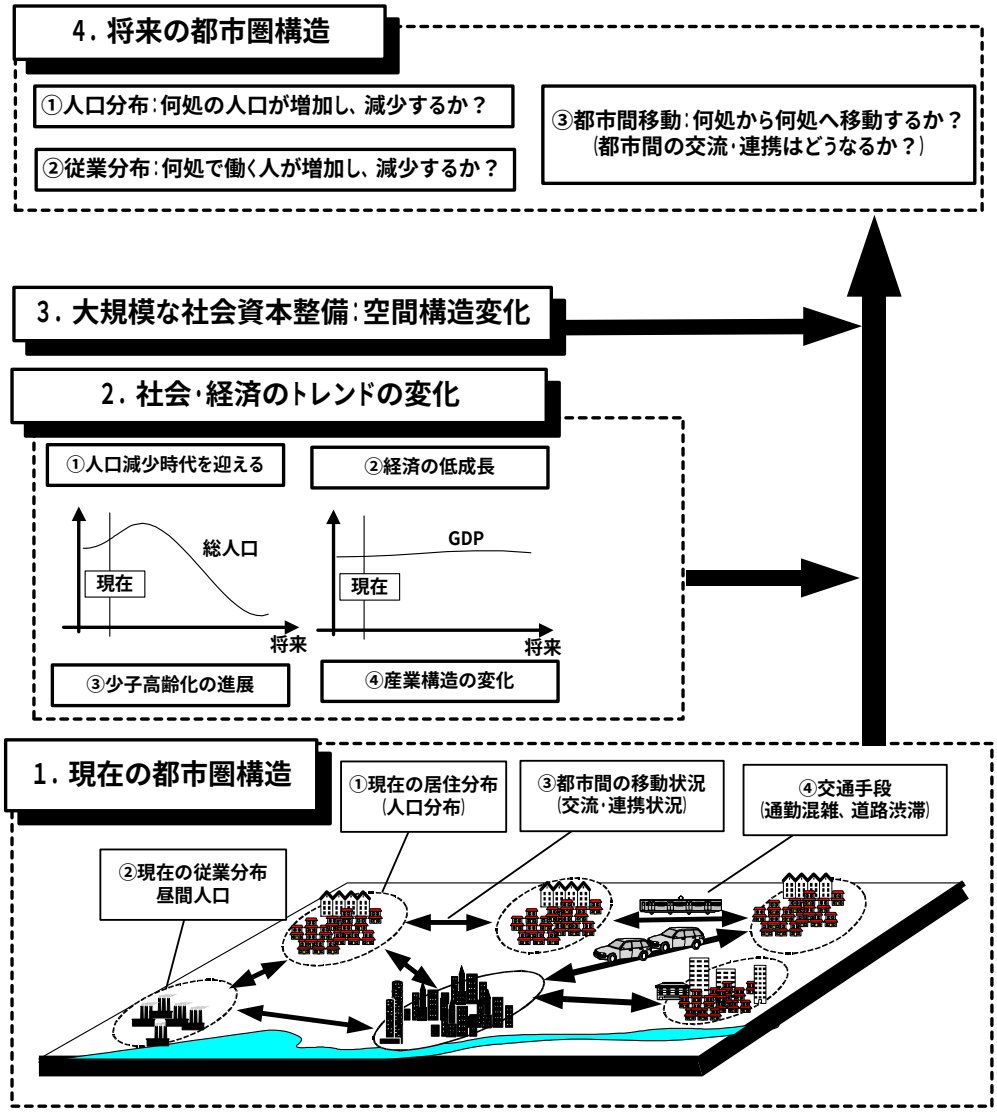


図 １－２　新たな運輸・交通政策の方向性

（３）大都市圏整備からの視点

第 5 次首都圏基本計画では、東京都市圏においては、東京中心と近郊地域において適切な役割分担と連携の下、都市機能の再配置を進め、東京中心部では都心居住等都市空間の再編整備を推進。近郊地域では拠点間の機能分担と連携・交流により「環状都市群」を形成するとしている。

このような目標の中、我が国は人口減少と高齢化、世帯減少と世帯縮小（単身世帯の増加，世帯分離等）、従業者の減少等のこれまで一貫して増大してきた総量の減少と、これに伴なう産業構造の変化・労働市場の変化等、社会システム自体のパラダイムシフトを迎えており、従来型の右肩上がりを前提とした計画や政策ではこれらの新たな動きに対して十分な対応が困難になってきた。そこで、大都市圏整備の計画ツールとして、将来の都市圏構造を把握するためにも、現在の都市圏構造（立地と移動）に「社会・経済トレンドの変化」「大規模な社会資本整備」を考慮した計画ツールが必要となってきている。



出所：（株）価値総合研究所作成

図 １－３　大都市圏整備からの視点

（4）産業集積からの視点

戦後、飛躍的な成長を遂げた我が国経済は、1970 年までの工業化の進展と、1970 年以降のサービス経済化、さらには 1990 年代に一層のサービス化の進展が見られた。そのような中で製造業の海外展開の進展、海外からの製品輸入の増加による空洞化の影響や、既存市場の成熟化、消費者の購買意識・ニーズの変化等の国内市場の構造的変化により、既存の地域の産業集積に大きな影響が生じている。これらに対応するため「地域産業集積活性化法[10]」が施行された。

今後も、我が国の首都圏等の経済集積が東アジアにおける経済集積間の競争と連携の中で、製造業とサービス産業の相互依存関係を深化させ、我が国の経済集積の特徴でもある「高水準の多様性」を発揮させるためにも、交通基盤整備による輸送費低減に伴う、現在の経済集積地の将来動向、繁栄・衰退可能性等を把握していく必要がある。

出所：経済産業省資料

図 １－４　国の支援策を講じた産業集積地のイメージ

出所：経済産業省資料

図 １－５　首都圏での集積活性化計画同意地域

[10] 集積活性化法は首都圏では東葛・川口地域、広域京浜地域が同意されている。

１－２ 目的

本調査では前述の背景の下、社会・経済活動と社会・経済活動の派生需要である「交通」の相互作用を考慮した大都市圏における総合計画ツールとしての交通・土地利用モデルを構築し、交通基盤整備及び交通体系、ダイナミックな都市活動、環境負荷についてシミュレーションしていくことを目的とする。

本調査で構築するモデルは、実務面では従来、行われてきた個別交通基盤整備計画で用いられてきたツールと十分整合をとりつつ、中長期的な視点で大都市圏における土地利用、交通体系の整備計画ツールに足るものとし、理論面ではミクロ経済学的基礎を踏まえたものとする。

また、モデル構築に際しては、（株）価値総合研究所において開発された『戦略的統合型大都市圏政策モデル（*SIMP* モデル：*Strategic Integration Metropolitan Policy Model*）』を使用していくことにする。

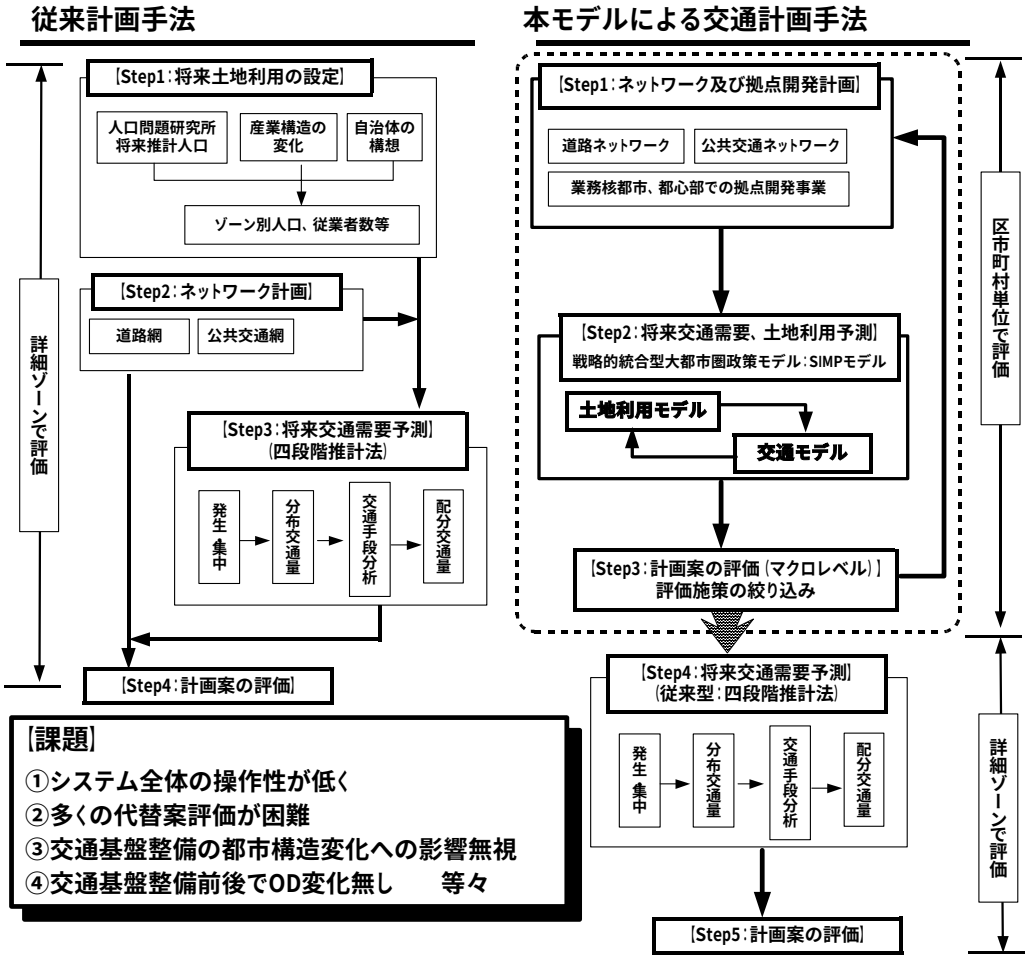
なお、対象地域に関しては、我が国の人口の 25%以上（3,300 万人）を占め、イタリア、イギリスを凌ぎ、我が国の GDP の約 30%を占める大都市圏であり、かつ我が国の首都を担っている首都圏（東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県）を対象とする。

１－３ 構築モデルの位置づけ

（１）都市交通計画ツールとしての位置づけ

従来の総合交通体系調査ではゾーン別人口フレームや交通ネットワークの作成が詳細なレベルまで要求され、データの作成から予測・評価までシステム全体として操作性が低く、多くの代替案の評価が困難であった。また、交通需要予測の前提として、土地利用を外生的に設定しており、交通基盤整備による土地利用への影響（誘発交通等）を分析することが困難であった。

本モデルでは市区町村レベルで土地利用・交通体系の相互作用を分析することにより、詳細レベルでの分析以前に、様々な都市開発計画、交通ネットワーク計画のパッケージ施策を評価し、将来の都市構造・交通体系の姿を導き出すことが可能となる。その後、施策を絞り込み、従来型の詳細なモデルにより、代替案の詳細な評価を行っていくことが可能となる。さらに、交通基盤整備前後において異なる OD 表を使用することで過大な交通基盤整備が出力されず、実態を反映した整備効果が出力される。英国では以前より戦略モデル、詳細モデルの２段階で予測を実行し、さらに交通の変化が土地利用に与える影響も考慮しており、本モデルと同様の枠組みで予測・計画が行われている。



出所：（株）価値総合研究所作成

図 １－６　都市交通計画における本モデルの位置づけ

（2）交通需要予測、整備効果計測での位置づけ

1）誘発交通考慮の必要性

誘発交通は、交通施設の新設・改良によって新たに発生した交通で、以前にはいかなる形でも存在しなかったものである。

しかし、交通基盤整備により当該区間の一般化費用が低下した場合には、その新しい交通条件の情報に基づいて合理的な意思決定を行うとすれば、次のような様々な交通行動の変更が単独に、あるいは複合して同時に行われる。

表 1－1　主な誘発交通の種類

種類	内容
再配分（転換交通）	より一般化交通費用の安い経路への転換であり、例えば、バイパス整備により、整備前本線交通量＜整備後本線交通量＋バイパス交通量となる。
交通手段の変更（転移交通）	鉄道から道路への転換等、他交通手段からの転換
再分布（OD の変化）	新設交通基盤を使用して、より遠くのｼｮｯﾋﾟﾝｸﾞｾﾝﾀｰで買物をする等、交通の発生・集中地点の変更、OD 交通量の変化
トリップの発生	移動頻度の増加や新たな移動の発生。１人当たりのトリップ数の変化
立地の変更（土地利用変化）	交通基盤整備により世帯、企業等の立地分布の変更に伴う交通の変化

出所：道路投資の社会経済評価を加筆

誘発交通は整備される交通基盤の規模に大きく依存し、交通行動のどの段階まで影響を及ぼすかで扱いが異なる。また、従来型モデルでは「交通手段変更」「再配分（経路変更）」は考慮されていたが、その他の誘発交通に関してはほとんど考慮されていない。

大規模交通基盤の場合には交通基盤整備に伴う新しい交通条件（一般化費用等）に基づき立地が変化され、新たな交通（開発交通）が発生したり、また、立地変更無しでも生産・販売・集客圏域（30 分移動圏内等）の変化に応じた OD の変化や 1 人当たりのﾄﾘｯﾌﾟ回数の変更により、交通に影響を与えることが明確になってきている。

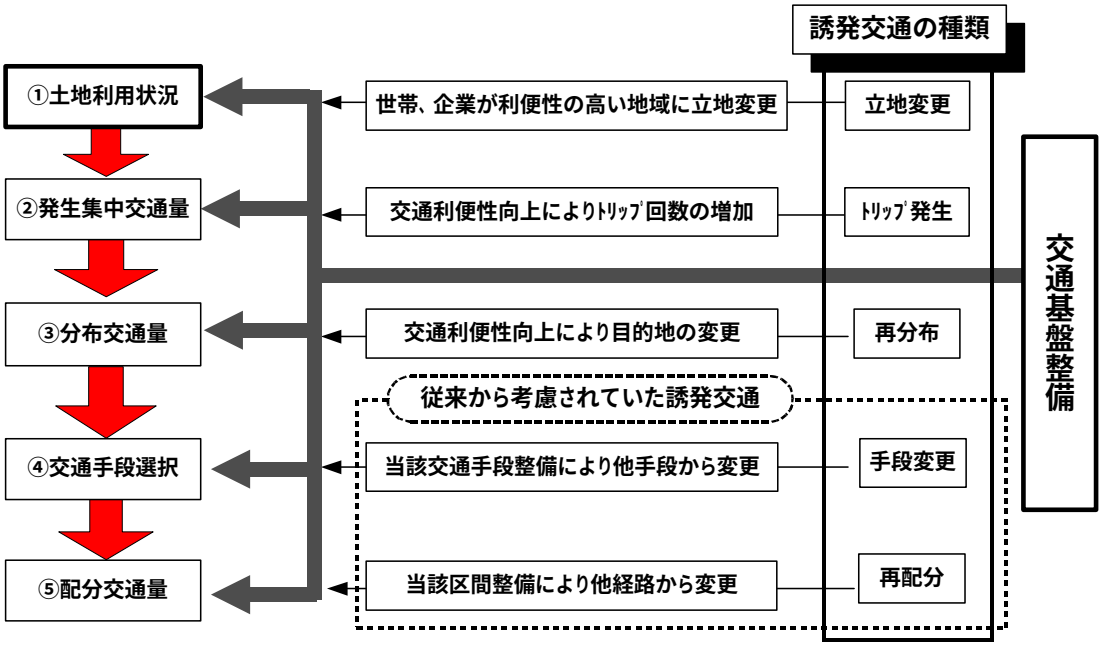


図 1－7　誘発交通の種類と交通行動の関係

2）需要変動型モデルの必要性

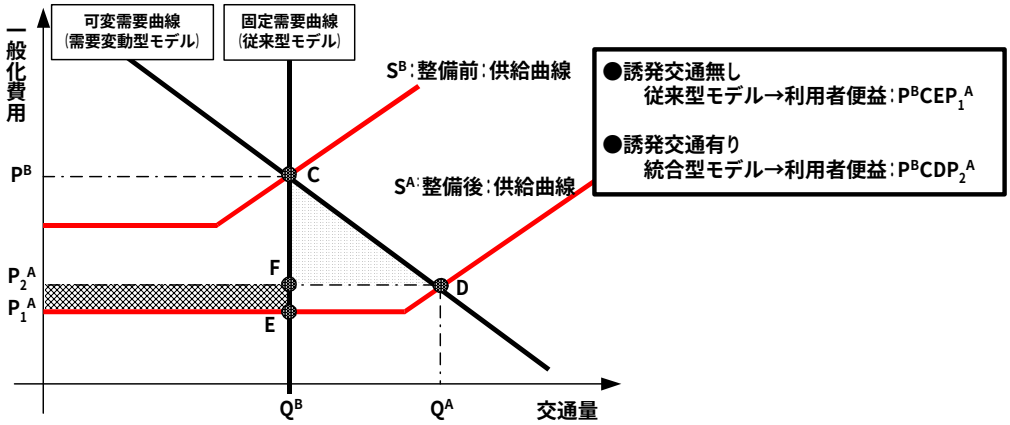
i）整備効果計測の歪み

利用者便益や環境負荷低減効果の評価における課題は、整備される交通基盤の規模により、考慮される「誘発交通」が、予測のフレームワークに適切に反映されていない場合、効果計測にどのような歪みが生じるかということである。誘発交通の全部もしくは一部が交通需要予測に含まれていない場合の便益の歪みは次のような状況で問題になることが指摘されている[11]。

- 道路ネットワークが交通容量に近い状態で使用されている場合。
- 道路渋滞により抑制された（潜在的）トリップがあり、ボトルネック改善により解放される場合に見られるように、公共交通機関から自動車へ転換されそうな場合。
- 交通投資事業が大きな交通費用の減少をもたらす、これまでよりも１人当たりの移動回数が増加しそうな場合。

例えば、交通ネットワークが交通容量に近い状態で使用されており、交通基盤整備により交通容量が拡大された後でも混雑がある状態で、誘発交通の有無による整備効果（利用者便益）の相違を見たものが下図である。

- 交通基盤整備により供給曲線が S^B から S^A に下方にシフト（容量 UP→費用低下）した場合の均衡交通量は、誘発交通が無いとした場合には E 点、ある場合には D 点である。
- したがって、それぞれの整備効果（利用者便益）は誘発交通無しとした場合は $P^BCEP_1^A$ であり、誘発交通がある場合には $P^BCDP_2^A$ である。
- このため、誘発交通を無視した便益評価では、誘発交通に伴う効果（利用者便益）CDF の分、過小評価されると同時に、既存交通に伴う便益のうち、$P_2^AFEP_1^A$ が過大評価され、一般には相殺されずに評価に歪みが生じることになる。
- 下図の例では需要曲線が弾力的である場合、また整備後の供給曲線が交通量の増加に伴い、混雑で急激に上昇する交通容量付近で使用されている場合には、誘発交通を無視すると整備効果（利用者便益）が過大評価される傾向がある。



出所：「Transport and the Economy　（SACTRA）1999」より作成

図 １－８　誘発需要の有無と整備効果（利用者便益）(需要固定と変動の比較)

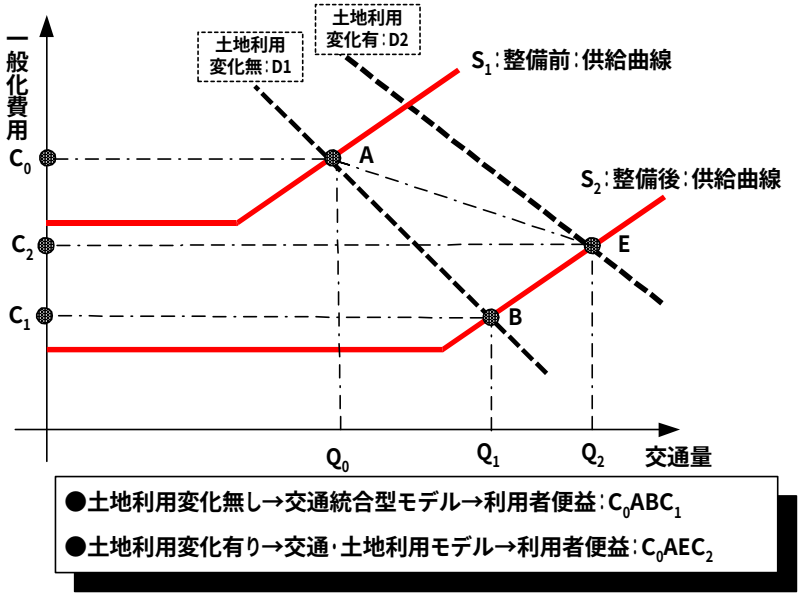
[11] 英国の DETR の SACTRA(幹線道路評価常設諮問委員会)では、この点を詳しく検討しており、OD 固定で誘発交通量を考慮しないで便益評価を行っていることに対する批判に対して、可変 OD 票に基づく評価方法を提案している。

3）土地利用と交通との相互作用と誘発交通

OECD[12]は「交通に関する決定は、環境と健康、エネルギー、都市の土地利用の決定と統合的に行うべきである」と主張している。しかし、計画担当者や政策決定者は、このような土地利用、交通、環境の関連性を認識していたにもかかわらず、技術的および政治的な理由で、これらを統合的に考慮して計画することはほとんどできなかった[13]。

環境と交通、土地利用の関係は以下のことが指摘されている。前章で、交通基盤整備による OD 需要変動有無で利用者便益が異なることを示した。しかしながら、需要変動においても土地利用の考慮有無で整備効果（利用者便益、環境負荷低減効果）が異なる。

- 交通基盤整備により、供給曲線が S_1 から S_2 に変化した場合、住居や商店、企業、工場、倉庫などの活動の立地が変更され、人口や従業者が増加すると、交通基盤整備以前の一般化費用に対する交通需要（Q_1）より多くの交通需要（Q_2）が生じるため、需要曲線が D_1 から D_2 にシフトし、均衡交通量は B 点から E 点になる。
- したがって、整備効果（利用者便益）は土地利用変化を考慮しなかった場合は C_0ABC_1 となり、土地利用変化を考慮した場合には C_0AEC_2 となる。
- このため、交通基盤整備による土地利用変化を考慮しなかった場合には、整備効果（利用者便益）に大きな歪みが生じる可能性がある。
- CO_2 排出量に関しては、排出原単位が旅行速度の関数であり、供給曲線と同様の挙動を示すため、CO_2 排出量削減効果は利用者便益と同様の関係となる。



出所：「Noland ：Relationship between highway capacity and induced vehicle travel. Transportation Research (2001)」より作成。

図 1－9　土地利用変化による誘発交通に伴う利用者便益の損失

---

12 OECD(1996) Toward Sustainable Transportation.　OECD Vancouver Conference。また「est：environmentally sustainable transport 2000」においても同様のことが述べられている。

13 「Making the Land Use,Transportation and Air Quality Connecton,Vol8,Technical Report(1997)

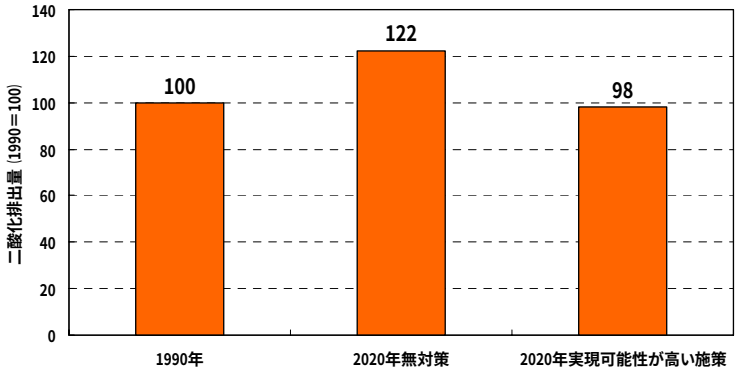
４）実証的な比較

青山ら（2002）[14]は既存の交通モデル（４段階推計法）による利用者便益と土地利用・交通モデルによる利用者便益の比較を京都・大津地域で行ったところ、既存の交通モデルの方が利用者便益が 13%高いという結果を示しており、首都圏のような混雑地域ではより大きな差が生まれると考えられる。

表 １－２ 従来交通モデルと統合モデルの便益の比較

モデル	利用者便益（%）
既存の交通モデル	１１３．３%
土地利用・交通相互作用モデル	１００．０%

また、東京都市圏総合交通体系調査[15]では CO_2 排出量が 2020 年には 1990 年と比較して、H10 以降、何もしなかった場合は 22%増加し、実現性の高い施策の場合は 2%減少するという結果になっている。そのため、施策効果は約 20%削減となっており、過大な効果となっている可能性もある。ここでの需要予測・評価モデルは交通（単独）モデルであり、交通基盤整備による土地利用への影響を考慮していない。



注１）東京都市圏全体からの CO_2 排出総量であり、「無対策」は H10 以降交通施策を何も行わない場合であり、「実現可能性が高い施策」は道路は計画路線全線、鉄道は A1,A2 路線を考慮した場合である。
注２）評価モデルは大ゾーンベースでの交通モデルである。

図 １－１０ 自動車による二酸化炭素の年間排出量の比較

[14] 「立地変動を考慮した実用的な土地利用・交通モデルの構築　青山、中川　土木学会論文集（2000）」
[15] 「東京都市圏の望ましい総合都市交通体系のあり方　H13　（東京都市圏交通計画協議会）」

（３）土地利用計画上での位置づけ

土地利用計画や交通需要予測フレームで将来の土地利用状況（人口、従業者分布）を把握する際に、従来は以下のような方法が用いられており、交通基盤整備による立地への影響はほとんど考慮されていない。

１）従来の地域別人口推計手法

i）トレンド法

対象地域全体の総人口をコントロールトータル値とし、下図のように地域毎には過去の趨勢（トレンド）から将来の地域別シェアを算出し、総人口を按分していく方法である。将来の地域別シェア算出の際には、過去のトレンド以外にも開発プロジェクト、政策誘導等の恣意的な部分がある。

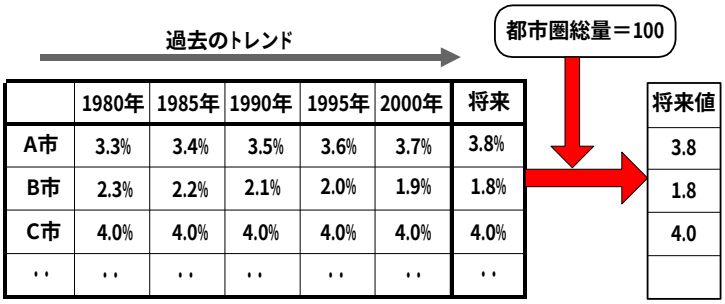


図 １－１１　トレンド法による人口推計手法

ii）コーホート法

コーホート法は「都道府県の将来人口（人口問題研究所）」で使用されている方法であり、市町村別、地域別には推計されていない[16]。コーホート法は、ある年の男女・年齢別人口を基準として、ここに出生率や移動率等の仮定値をあてはめて将来人口を計算する方法である。具体的には以下の設定値を必要とする。

表 １－３　コーホート法の仮定値

項目	項目名	内容
将来の出生率	女子年齢別出生率	15～49 歳の女性人口に対する出生児数割合
将来の生存率	男女・年齢別生存率	年齢 X 歳人口が X+5 年に生き残る確率
将来の純移動率	男女・年齢別純移動率	転入超過数（転入－転出）が地域人口に占める割合
将来の出生性比	男女出生比率	将来出生児の男女別比率（女：男＝100：105.5）

上記仮定値では、過去のトレンドから設定されており、出生率、生存率、出生性比についての課題はほとんど無いと考えられる。

しかしながら、「将来の純移動率」については「社会経済状況の変化に大きく影響を受ける可能性があるなど、今後の変化については予測が困難である」とされており、「都道府県将来推計」では 1995～2000 年の純移動率が将来にわたって一定としている。

このため、交通基盤整備による影響や大規模開発等は考慮されず、コーホート法の短所とも言える。

２）従来の地域別従業者数推計手法

従業者数の推計には一般的に以下の方法が用いられる。

---

16 人口問題研究所では「小地域将来人口推計システム」で市町村別将来人口を推計可能である。また、（財）統計情報研究センターでは「市町村別将来推計人口」を推計している。

i）総従業者数（就業者数）の予測

「労働者は生活を維持していくためには働かなければならない」という前提で労働力を提供する立場から従業者数の将来予測に接近する方法である。具体的には生産年齢（15 歳以上年齢別）人口に対する就業率の将来予測値を将来人口を乗じて総従業者数を予測する。

ii）地域別従業者数の予測

地域別の従業者数は人口と同様に、対象地域全体の総従業者数をコントロールトータル値とし、下図のように地域毎には過去の趨勢（トレンド）から将来の地域別シェアを算出し、総従業者数を按分していく方法である。将来の地域別シェア算出の際には、過去のトレンド以外にも開発プロジェクト、政策誘導等の恣意的な部分がある。

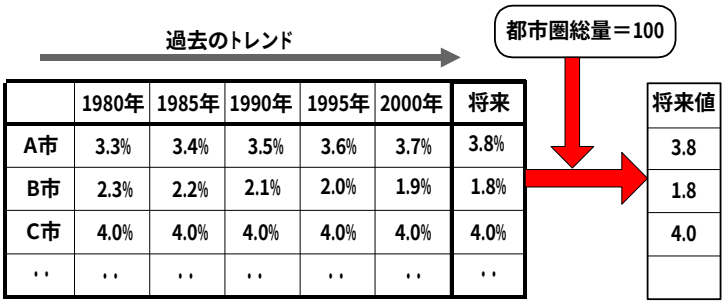


図 １－１２　トレンド法による従業者数推計手法

iii）従来の予測手法の課題

上記のように従来の土地利用の予測手法では、都市計画や拠点開発等の『計画の枠組み』、出生率等の『地域固有の値』を基に予測されているが、目的地への移動利便性を考慮しておらず、大規模な交通基盤整備の影響を考慮していない点が大きな課題と言える。

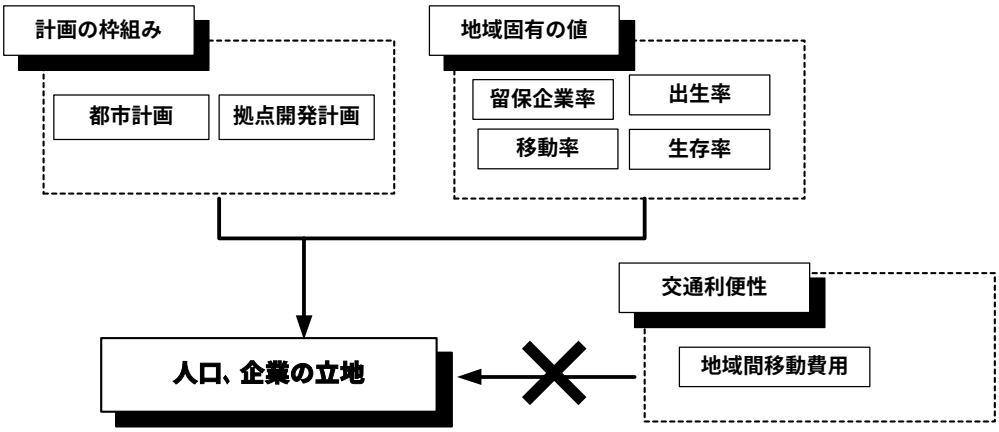


図 １－１３　従来土地利用予測の課題

２．モデル構築の方向性

２．モデル構築の方向性

２－１ 土地利用・交通モデルの発展経緯

広域的なレベルでの土地利用・交通モデルの研究については、交通需要予測における土地利用モデルとして古典的とも言えるローリーモデルから始まり、1980 年代に精力的に研究が進んだ国際共同研究（*ISGLUTI*）の中で提案されたいくつかのモデルがある。その中では、中村・林・宮本らによる *CALTAS* モデル、天野・戸田・阿部らによる *OSAKA* モデル、*Echenique* らによる *MEPLAN* 等が含まれる。これら初期の土地利用・交通モデルは空間的相互作用を経験的に定式化するというアプローチが主であった。空間的相互作用モデルは現状再現性等で優れた面があるが、各主体の行動論の一貫性、経済学的な理論面での弱点もあった。

1980 年代後半に入り、このような流れを踏まえて、立地均衡概念について理論展開を中心とした議論、あるいは最近の動向としては、同時均衡理論に基づいた宮本らによる *RURBAN* モデル、上田らの *UNHT-MODE* モデル、青山らによるモデル等が開発されている。

上田らによると我が国で開発が進められた土地利用モデルには以下の共通の方向性がある[17]。

①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モデル、具体的にはロジットモデルを導入している。

②我が国におけるモデル開発として不可欠と言える土地市場のモデル化を明示的に行っている。

③上記の2つの点を理論的に整合したフレームでモデル化するために、都市経済学の理論、あるいは一般性を持つ（ワルラス的な）多市場同時均衡理論、さらには一般均衡理論に立脚しようとする方向である。

このような方向は、モデルの実際の政策立案への応用を念頭においた場合、以下の３つの背景があったと考えられる。

1）モデルの経済学的な意味解釈を充実させて説得力を増し、かつ、様々な立地要因を明示的に取り組むという必要性があった。

2）開発利益還元制度の検討･導入への関心が土地帰着便益を明示的に計量可能なモデルを志向させた。

3）社会資本整備効果の評価制度の導入により、当該市場以外への波及効果等の分析、行動理論の一貫性を取り入れる必要性があった。

このような発展経緯から、現在では政策立案に耐えうるモデルを構築されており、武藤･秋山ら[18]、尹・青山[19]らは実際の都市圏においてモデルを適用し、交通基盤整備効果を推計している。現在、構築されているモデルは大きく２通りに分類される。これらのモデルの分類に関しては後述する。

---

[17] 上田・堤「我が国における近年の土地利用モデルに関する統合フレームについて」土木学会論文集 No625,1997

[18] 武藤・秋山「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

[19] 尹・青山ら「立地変動を考慮した実用的な土地利用・交通モデルの構築」土木計画学論文集 No17,2000

２－２ 既存の土地利用・交通モデルの分類

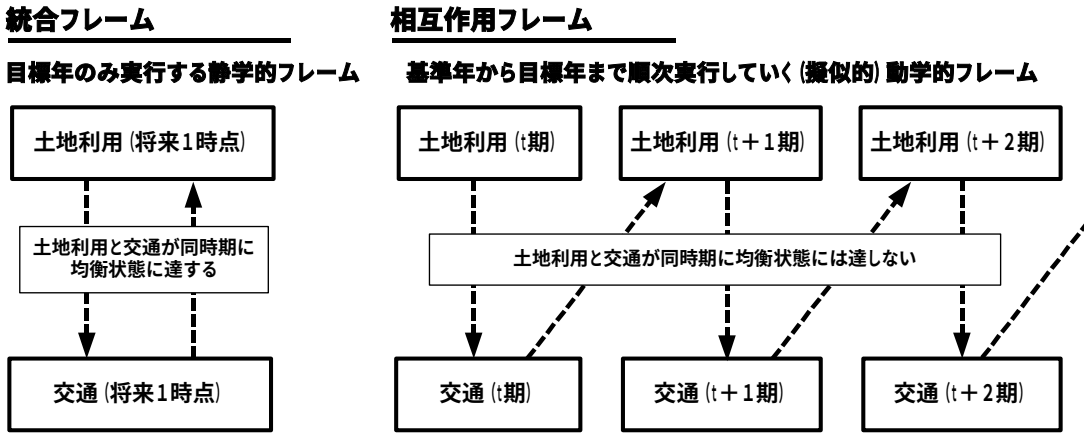
前述のように、最近の土地利用・交通モデルの研究は、幾つかの共通性が見られるが、モデル構造において以下のように大きく２つに分類できる。

①統合フレーム（Integrated Model）

目標年（交通基盤整備完了年：供用年）のみ実行するモデルであり、立地モデルと交通モデルとが矛盾無く結合されており、主に便益評価を目的としている。

②相互作用フレーム（Interaction Model）

基準年から最終年まで段階的に実行し、前期の交通条件が次期の土地利用モデルにINPUT される（擬似的）動学的なモデルであり、主に都市構造変化の分析を目的としている。



出所：（株）価値総合研究所作成

図 ２－１ 土地利用・交通モデルの分類

（1）統合フレーム（Integrated Model）

『統合フレーム』とは土地利用・交通モデルの中で交通ネットワーク均衡と土地利用モデルを統合し、単一の数理最適化問題として記述するアプローチである。これはミクロ行動理論において、従来、理論的根拠が乏しいと言われている交通需要予測とミクロ行動理論から導出された土地利用モデルを統合して記述するものである。

『均衡』とは、土地利用モデルにおいては居住地選択行動や従業地選択行動に変化が無くなった状態であり立地主体がこれ以上効用を改善不可能な状態である。交通均衡モデルにおいてはWardropの均衡状態が成立するときを示している。『同時均衡』とは、土地利用と交通状況が同時に均衡する状態であり、立地と交通の行動の変化しなくなった、いわば社会のシステムの定常状態といえる。便益の評価等で用いられる「一般均衡理論」等は交通インフラ整備後において定常状態になり、便益が帰着した状態を仮定している。

これらの研究は宮城らの研究[20]、宮本らの研究[21]、小池、上田[22]らの研究、武藤・秋山[23]らの研究で見られる。

---

[20] 宮城・奥田：「数理最適化手法を基礎とした土地利用・交通統合モデルに関する研究」土木学会論文集 NO.518　1995

[21] 野川・宮本「RURBAN に基づく土地利用交通統合モデルの構築」土木学会第 49 回年次学術講演会（平成６年）

[22] 小池・上田「ミクロ行動理論に基づく交通―立地モデルの開発」土木計画学研究・論文集 NO.14 1997

[23] 武藤・高木「空間的構造変化を考慮した都市環状道路の便益評価」交通学研究／2000

1）宮城らの研究

宮城らは、ローリー型の土地利用モデルと機関分担・配分統合モデルを結合し、これを１つの数理最適化問題として定式化することによって、土地利用交通統合モデルがより簡便に解けることを明らかにしている。

ここで定式化された最適化問題はラグランジェ分解原理によって土地利用モデルと交通均衡モデルが交互に解く問題に置き換えることができ、これまで開発された手法を利用することができるとしている。

また、トリップについては職住分布より通勤トリップ、サービス産業と居住分布よりサービストリップが算出される構造となっている。

2）宮本らの研究

宮本らは、ランダム効用及び付け値分析に基づいた小区画単位の土地利用シミュレーションモデルにネスティッドロジットモデルによる目的地、交通手段、経路選択モデルを組み込むことによって、単一のフレームワークで土地利用と交通がモデル化されている。トリップ目的と立地分布の関係は不明である。

RURBAN-MODEL ではランダム効用理論とランダム付け値理論を同時に採用しており、立地者側の不確実性と土地所有者側の不確実性の両方をモデルに反映させようとしているが、受容者行動と供給者行動の両方に同じ効用関数を反映させており、需要者と供給者が独立の経済行動主体であると見なせない。そのため、ランダム効用理論とランダム付け値理論の両者を同時に使用することの問題点が指摘されている（上田、堤：2000）。

3）小池、上田らの研究

小池、上田らは、ミクロ経済学的行動モデルによる立地均衡モデルと交通需要予測モデルを同一のフレーム内でモデル化し、立地均衡と同時に交通需要予測を自由トリップ、業務トリップ及び通勤トリップで捉えることを可能にしている。

また、労働市場は世帯・企業それぞれの最適化行動の結果導き出された居住地と就業地の組み合わせを定式化することで考慮できる。すなわち、世帯と企業担当者の居住地・勤務地の交渉過程がナッシュ交渉ゲームに従うとすると、その定式化は二重制約型重力モデルとなるとしている。

4）武藤・上田らの研究

武藤・上田らは交通行動と立地行動との両面を整合的に扱い、最終的には費用便益分析の枠組みにて都市道路整備の評価を行うことを可能とするモデルを構築している。このモデルで明示的に扱われる市場は土地市場であり、土地は家計が消費する居住用土地と企業が生産に投入する業務用土地との競合は考慮していない。

企業は商業系企業と合成財系企業との分けて考えており、立地選択確率を用いて配分される企業は商業系企業のみとしている。

（２）相互作用フレーム（Interaction Model）

『相互作用フレーム』は単一の数理最適化問題として記述せず、土地利用と交通の相互作用を明示してモデル化するものであり、土地利用、交通の各サブモデルを交互の実行し、前期の交通モデルによるゾーン間費用が今期の土地利用モデルに入力される構造であり、交通基盤整備の土地利用への影響にタイムラグを明示的に取り込み、モデル全体が半動的な挙動を示し、モデル全体は均衡状態に至らない。

このモデルでは「立地選択と交通行動は同時期に均衡に至らず、交通基盤整備を継続的に行う限り、都市構造は動学的に変化していく」という仮定がある。つまり、交通市場においては、交通基盤整備後、交通手段変更、経路変更、目的地変更等は短期的（概ね１年程度）に収束するが、住宅の住み替え、企業の移転等は交通基盤整備後長期間（概ね 10 年程度）を要し、立地変更が終了する以前に新たな交通基盤が整備され、立地点における交通条件が相対的に変化することになる。そのため、各期において各市場は均衡状態となるが、両市場同時に均衡状態に至ることはない。前述の同時均衡に対して『部分均衡』の枠組みと言える。

相互作用フレームに基づくモデルは、現在のところ、青山ら[24]によって構築されたモデルのみである。このモデルは実用的なモデルを意識しており、住宅、商業、工業は留保層と移動層に分類し、移動層の立地選択行動が全てミクロ経済学的行動理論による最適化問題として扱われている。

土地供給も住み替え、税制等も考慮する資産選択モデルによりモデル化されており、異なる主体間の土地をめぐる競争は付け値概念を用いて表現されている。交通サブモデルは基本的には四段階推計法を用いており、交通需要予測モデル自体にミクロ行動理論の一貫性が存在しないが、各地の総合交通体系調査等で用いられている手法である。

このモデル[25]では実際に京都市・滋賀県を対象地域として実行し、既存の４段階推計法に基づく交通モデルの結果と比較している。その結果、既存の交通モデルは土地利用・交通相互作用モデルと比較して、約 13%程度利用者便益が過大となっている。

---

[24]尹・青山「立地変動を考慮した実用的な土地利用・交通モデルの構築」土木計画学研究・論文集 NO17 2000

[25]尹・青山「環境を考慮した土地利用・交通相互作用モデルによる道路交通政策の評価」日本地域学会第 38 回年次大会学術発表論文集 pp.115-122, 2001.10

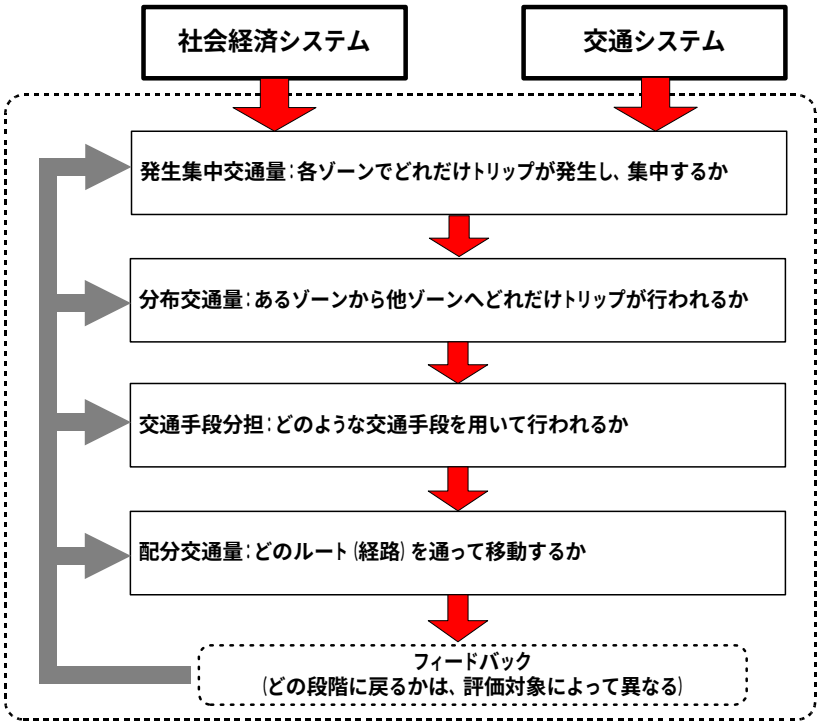
２－３ 既存の交通モデル

（１）四段階推計法について

１）四段階推計法

運輸部門の指標（交通関連指標）の推計方法は、交通モデルとして広く利用されており、総合的な交通体系を扱う場合には、一般的に下図のような四段階推計法が用いられる。

これらは交通を社会・経済活動の派生需要として捉え、上記、土地利用指標を外生的に与え、発生・集中交通量、分布交通量（OD）、交通機関分担、配分交通量の順に決定されていくものであり、各段階の変化による影響を考慮するためにフィードバック及び同時決定の構造を持つモデルもある。



出所：道路投資の社会経済評価を加筆

図 ２－２ ４段階交通需要予測の標準的プロセス

２）四段階推計法開発の経緯

最も標準的な交通需要推計手法として広く適用されている四段階推計法は、第二次大戦直後米国で開発が始められた。当時の交通計画の主眼はモータリゼーションと郊外化に伴って増加する通勤交通需要を、道路を中心とした交通施設拡充によって満たすことであった。当時は統計手法と演算・データ処理能力の限界があり、データを可能な限り集約し、モデルの関数形を可能な限り単純化し、取り扱う変数を可能な限り節約することが方針であった。結果としてゾーン毎の集計データに基づき、限られた変数のみを採り入れたモデルから構成される四段階推計法が誕生した。

四段階推計法の意義は、50 年代、60 年代に存在した統計的手法、データ収集方法、計算機の性能とコスト、データ管理能力の枠内で都市交通需要予測を可能にした。また、単純通勤トリップを主体とする交通需要の全体的動向を捉えることを可能にした点である。

３）四段階推計法の利点と問題点

i）一般化費用の取り扱い

四段階推計法の問題点としては、モデルの構造的な問題であり、『誘発交通』に密接に関連する問題である。四段階推計法は図 2-2 のように発生・集中、分布、分担、配分の順に決定される。

その際に以下のような問題が生じている。

- 2 段階目の交通分布（OD）は、一般的に発生・集中交通量と地域間交通費用（一般化費用）から推計される。その際に、地域間交通費用（一般化費用）は外生的に与えられる。この地域間交通費用は４段階目の配分段階で算出される地域間交通費用と異なる可能性がある。
- 3 段階目の交通機関分担は、一般的に各交通手段間の一般化費用の差から算出される。OD 推計と同様に一般化費用は外生的に与えられるため、4 段階目の配分段階で算出される地域間交通費用と異なる可能性がある。
- 交通発生・集中段階が後の段階から乖離しており、交通ネットワークのサービスレベルが需要に与える影響（利便性向上→発生ﾄﾘｯﾌﾟ増加）を考慮できない。
- 土地利用が外生的に与えられており、交通が土地利用に与える影響が一切考慮されない。

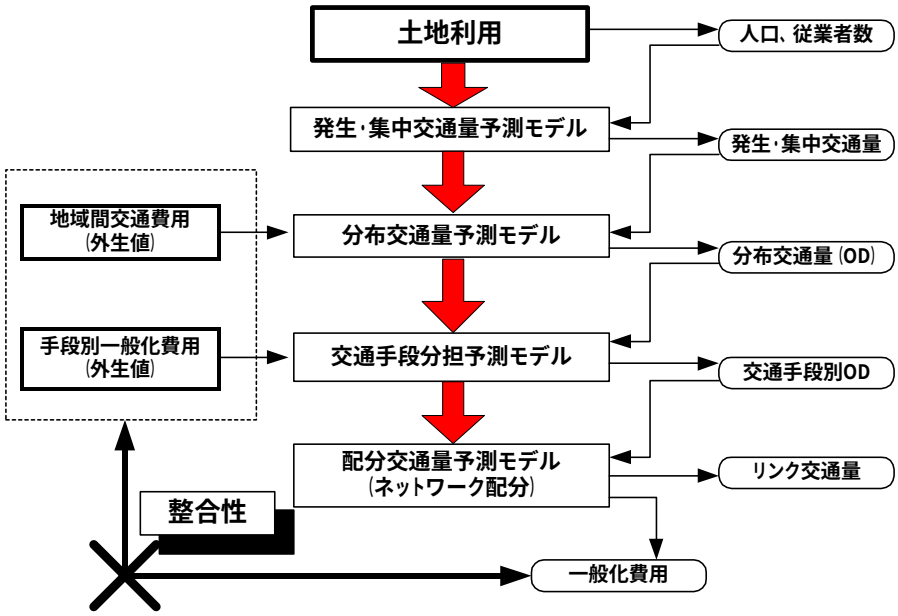


図 ２－３　四段階推計法の問題点

上記の問題は、道路混雑に伴う一般化費用増加が 2 段階目の分布交通予測、3 段階目の交通手段分析に反映されないことであり、予測・計画段階で考慮されない交通量（誘発交通）が発生することである。

ii）モデルの一貫性

四段階推計法を構成する各モデルは、行動論的因果関係ではなく、データに内在する統計的相関に基づいて構築されてきた。例えば、分布交通量（OD）予測モデルは重力型モデルが使用されるが、このモデルは利用者の行動を反映させたものでは無い。

したがって、仮にモデルがデータに良く適合したとしても、その感度が妥当なものであり、パラメータが時系列的に、あるいは地域間で安定したものであるという保証はない。

（2）交通量配分（ネットワーク配分）

四段階推計モデルの最終段階である交通量配分（ネットワーク配分）は交通需要予測で最も重要な段階である。特に、自動車交通の場合、道路混雑により旅行速度が低下し、一般化費用が増大するため、複雑なモデルとなる。鉄道需要予測の場合にも、運政審 18 号答申では混雑に伴う効用の低下を考慮している。

1）従来の配分手法

従来から道路交通で広く用いられている交通量配分手法は多段階配分（分割配分）手法である。これは Wordrop が提示した『等時間原則』を近似的に求める手法である。『等時間原則』とは「OD ペア毎に利用される経路の走行時間は全て等しく、利用されない経路の走行時間よりも小さい」というフロー状態が成立することであり、この状態を『利用者均衡状態』ともいう。

多段階（分割）配分の手順は以下のとおりである。

①所与の各 OD 交通量を N 分割する。（通常は 10 分割）

②分割された１／N の OD 交通量を各 OD ペアに対する時間最短経路に全て配分する。

③各リンクの交通量に基づき、速度－交通量式（Q-V 式）でリンク走行時間を修正する。

④この操作が N 回目であれば計算を終了する。そうでなければ②に戻る。

この手法は、我が国で長年利用されてきた手法であるが、以下のような問題が生じている。

- OD 交通量の分割比率が配分結果に影響し、恣意的な部分がある。
- 所要時間が小さくても利用されない経路が出現するが可能性がある。

2）ネットワーク均衡配分

最近では、上記の多段階配分手法の欠点を補いつつ、利用者の合理的な経路選択行動を表現するため、数理最適化に基づく『利用者均衡配分』が各地で導入されつつある。利用者均衡配分では以下の最適化問題を解くことより、Wordrop の等時間配分原則が全ての経路に満たされることになる。

$$\min Z = \sum_a \int_0^{x_a} t_a(w)dw$$

$$s.t \quad \sum_k f_k^{rs} - Q_{rs} = 0 \qquad x_a = \sum_k \sum_{rs} \delta_{a,k}^{rs} f_k^{rs} \qquad f_k^{rs} \geq 0$$

$t_a(x_a)$: リンクaのリンクコスト関数

x_a: リンクaのリンク交通量

$\delta_{a,k}^{rs}$: ODペアrs間第k経路がリンクaを含むとき１、それ以外0

Q_{rs}: ODペア間rsの交通量

f_k^{rs} : ODペアrs間第k経路の経路交通量

また、最近ではより現実的な交通ネットワーク配分モデルを構築するために、利用者行動の不確実性を採り入れた確率的利用者均衡配分も実用段階に入っている。確率的利用者均衡配分とは「どの利用者も自分が経路を変更することで、選択した経路費用を減少させることができないと信じている状態」であり、利用者均衡配分の「完全情報」「合理的経路選択行動」の仮定を緩和している。

２－４ モデル構築の方向性

既存の研究成果、データ等の収集可能性及び大規模モデルの適用可能性等を考慮し、以下のようなモデル構造の基本的方針を検討した。

（１）モデルの全体構造

１）統合、相互作用フレーム

『統合フレーム（Integrated Model）』と『相互作用フレーム（Interaction Model）』は土地利用と交通の均衡状態の認識に依存するものである。交通に関しては道路供用後に経路変更される期間、公共交通機関整備による交通手段が変更されるまでの期間は長くても１年以内である。

しかしながら、立地に関しては住宅、企業ともに交通基盤整備後、立地変更までの大きなタイムラグが存在し、交通と異なり再変更が困難である。そのため、立地変更までには長い場合には 20 年以上の期間を要する場合もある。『統合フレーム』の場合、一定の期間内において立地、交通の行動がそれ以上変化しない状態であり、総人口、交通基盤が日々刻々変化する中で両行動が同時に均衡状態に至るとは考え難い。

また、交通基盤整備の視点では当該基盤の供用年次以降が重要であるが、大都市圏政策や産業集積の観点からは、将来の人口ピーク時から減少期にかけての経年的な変化の把握も重要である。そのため、本モデルでは『相互作用フレーム』を採用する。

２）ゾーニング

ゾーニングに関しては、土地利用モデルに関してはデータの収集可能性を考慮すると区市町村単位が望ましいが、既存の交通モデルと整合を図るとパーソントリップ調査における計画基本ゾーン（東京圏で約 555 ゾーン）が望ましい。

しかしながら、都市交通計画の視点で記述したとおり、本モデルを従来型の詳細なモデルの上位モデルと位置付け、計画の方向性を示すものであるため、データの取得可能性、モデルの操作性を優先し、区市町村単位でゾーニングを行う。このゾーニングにより自治体の土地利用フレーム、大都市圏政策立案、交通政策の方向性立案等に足るモデルとなる。

（２）土地利用モデル

１）立地行動のモデル化

各主体の立地行動は、多くのモデルが採用しているミクロ経済学的行動理論に基づいた枠組みを採用する。このため、住宅立地者の行動は効用最大化、工業、商業業務立地者の立地行動は利潤最大化として捉えてモデル化する。

立地者は、立地する各ゾーンにおいて、効用を最大化するように土地を消費し、かつ、最も高い効用が達成できるゾーンへ立地しようとする。ただし、その際には不確実性を伴うため、立地行動は確率的選択行動として表現される。

２）土地利用の前提条件

立地主体総数、基礎的産業[26]従業者数は外生的に与え、既存研究と同様にロジットモデルによる立地配分を行う。また、ゾーン毎に土地市場が形成されている。

３）行動主体

モデルの行動主体は、立地主体として世帯（人口）、企業（従業者数）を設定する他、長期的な

[26] 1 次産業、2 次産業と 3 次産業における運輸・通信、電気・ガス等の産業であり、市場原理では立地変更が少ないと考えられる産業である。

視野で土地利用転換を考慮するため、不在地主も主体に組み込む。地主の行動は効用最大化に基づき定式化する。

（３）交通モデル

１）全体構造

交通モデルは総合交通体系調査等において一般的に用いられている四段階推計方法を用いる。但し、四段階推計法の問題点の１つである交通量配分と交通機関分担の一般化費用の不整合を解消するため、配分段階の一般化費用を分担モデルにフィードバックさせ、擬似的な分担・配分統合モデルとする。

２）各サブモデル

各サブモデルとしては分布モデルにはエントロピー最大化による二重制約型のモデル、分担モデルはバイナリーチョイス型の集計型ロジットモデル、交通量配分モデルは立地モデルと同様に不確実性を考慮するために、確率的利用者均衡モデルを用いる。

３）既存交通計画との整合性（交通ネットワーク）

交通量配分では、既存の交通計画で用いられているモデルと整合を図る必要がある。そのため、交通ネットワークは道路に関しては都道府県道以上の道路、鉄道に関してはモノレール以上を考慮し、既存の交通計画と整合を図る。

３．モデルの前提条件の整理

３．モデルの前提条件の整理

本章では、モデル構築の前提条件について整理する。

３－１　対象地域

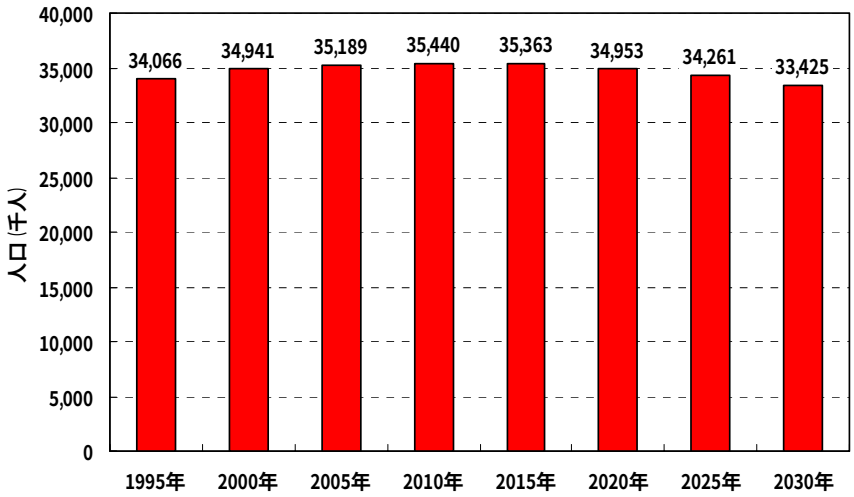
本調査の対象範囲及びゾーニングは下図のとおりである。対象地域は東京圏（1 都 3 県）に茨城県南部地域を加えた地域とする。ゾーニングについては、中心部及び近郊都市は区市町村単位で行い、周辺部は地方生活圏をベースに交通ネットワークを考慮して作成した。ゾーン数は 169 ゾーンである。

図　３－１　本調査の対象エリア及びゾーニング

３－２ 基本フレームの作成

（１）都市圏総人口

将来の都市圏の総人口は、基本的に「将来推計人口（中位推計）」及び「都道府県将来推計人口 H9（人口問題研究所）」を用いて以下の値を推計した。



注）1995、2000 年は国勢調査

図 ３－２ 本調査での都市圏総人口（推計値）

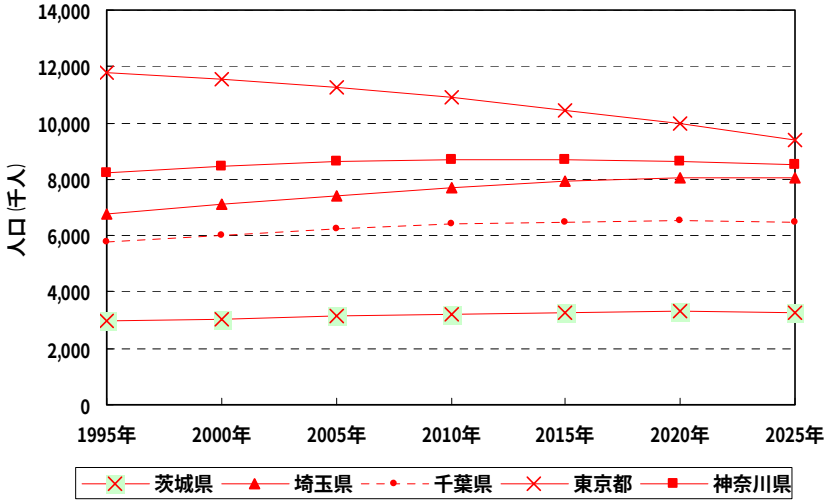
１）推計方法

①「都道府県将来推計人口」より本調査対象地域都道府県の首都圏(東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県)及び茨城県の将来推計人口を集計し、1995 年からの増加率を 2025 年まで算出する。

②1995 年の調査対象地域の総人口を「国勢調査 H7」より集計し、①を乗じて都市圏全体の 2025 年までの総人口を推計する。

③2025 年までの都市圏全体の総人口の全国に対する割合を算出し、2030 年まで外挿する。

④全国の 2030 年の人口に③を乗じて 2030 年までの都市圏総人口を算出する。



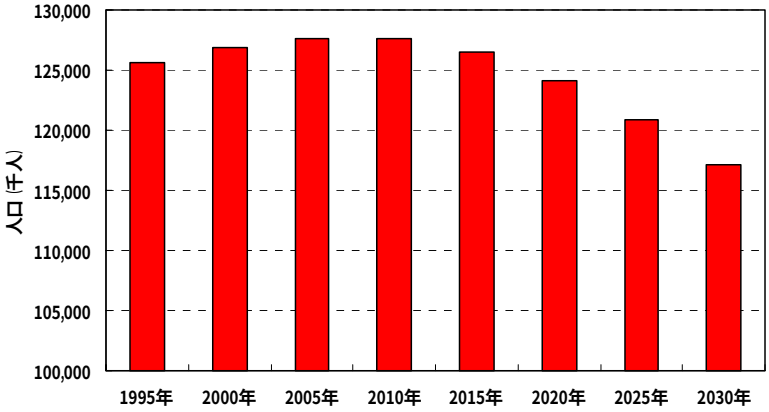
出所：厚生省人口問題研究所

図 ３－３ 都道府県将来推計人口

表 ３－１ 将来推計人口（千人）

	1995 年	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年	2020 年	2025 年
首都圏＋茨城県合計	35,533	36,188	36,704	36,966	36,886	36,458	35,736
1995 年比	100.0%	101.8%	103.3%	104.0%	103.8%	102.6%	100.6%

出所：2000 年までは国勢調査、将来は「都道府県別将来推計人口 H9」（人口問題研究所）



出所：「我が国の将来推計人口（中位推計）」（人口問題研究所）

図 ３－４ 我が国の将来人口見通し

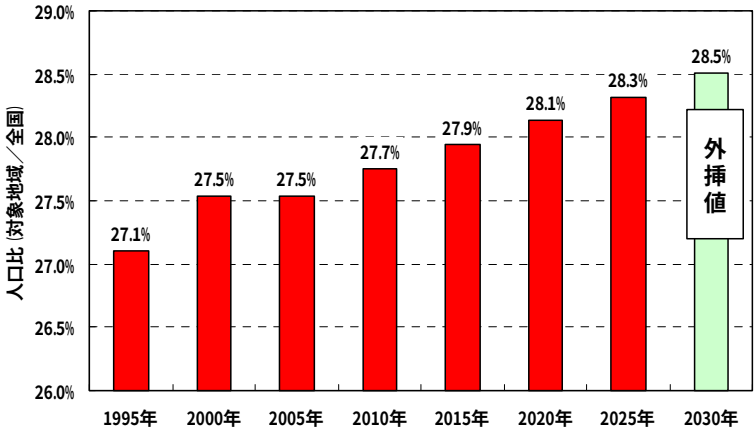


図 ３－５ 都市圏／全国の推計値

２）運輸政策審議会 18 号答申との比較

本調査の都市圏総人口と「運輸政策審議会 18 号答申」での推計人口を比較する。運政審 18 号答申では将来値は 2015 年のみであり、2015 年時のみを比較すると、下表のように本調査の方が約 1 万人多いが、ほぼ同値である。

表 ３－２ 運政審 18 号答申との比較

	1995 年	2015 年	2015/1995
本調査	3,407	3,536	103.8%
18 号答申	3,407	3,535	103.8%

（2）従業者数

1）本調査での使用する値

都市圏全体（対象範囲全体）の総従業者数の見込みは、第５次首都圏基本計画と同様に、今後、人口減少・高齢化により労働力人口は減少するが、女性の社会進出が一層進むことにより、2025年までは1995年値が維持されると仮定した。

表 ３－３ 産業（従業者）分類

大分類	モデル上の分類	構成	モデル上の扱い
基礎的産業	１次産業従業者	１次産業＋鉱業	外生
	建設業従業者	建設業	外生
	製造業従業者	製造業	外生
	本社機能	企業の本社勤務者	外生
	本庁機能	中央官庁、都県庁勤務者	外生
	運輸通信業従業者	運輸通信業	外生
サービス産業	小売業	全小売・卸売業	内生
	その他公務員	その他公務員	内生
	その他サービス業	その他３次産業	内生

本調査では、各ゾーンに基礎的産業従業者数を外生的に与えるため、将来の基礎的産業従業者数を設定する必要がある。各ゾーンの産業別変化率は以下のように設定した。

表 ３－４ 基礎的従業者数変化率の設定

	1995－2000年	2000-2005年	2005－2010年	2010-2015年	2015－2020年	2020－2025年
一次産業	-5.45%	-8.52%	-10.10%	-10.32%	-10.32%	-10.32%
製造業	-3.75%	-7.05%	-7.40%	-7.55%	-7.55%	-7.55%
建設業	2.48%	-1.12%	-2.40%	-3.18%	-3.18%	-3.18%
その他	変化無し					

注０）基礎的産業従業者数の変化率は「東京都就業者数の予測（平成12年３月）」を参考に設定している。そこでは、過去のデータとしてS55～H7までのデータを用いている。

注１）１次産業従業者数の変化率は市郡部の１次産業従業者数の変化率

注２）製造業の変化率は東京都の合計の製造業従業者数の変化率

注３）雇用政策研究会（労働省）と本モデルの設定の2000～2010年までの比較は下表のとおりであり、１次産業及び建設業で本モデルの方が低下率が低く、製造業では本モデルの方が高い。

表 ３－５ 雇用政策研究会と本調査との比較

	本モデル	雇用政策研究会
一次産業	-17.8%	-27.1%
製造業	-13.9%	-12.4%
建設業	-3.5%	-6.8%

表 ３－６ 従業者数の設定（万人）：首都圏（1都3県＋茨城県南部）

（万人）	1995年	2000年	2005年	2010年	2015年	2020年	2025年
基礎的産業（外生）	697	688	663	635	608	583	559
サービス業（内生）	1,093	1,102	1,127	1,155	1,182	1,207	1,231
合計	1,790	1,790	1,790	1,790	1,790	1,790	1,790

2）運輸政策審議会18号答申との比較

運輸政策審議会18号答申では2015年には従業者数は1995年から1.0%増の1808万人と設定されている。本調査とは1.0%の差である。

４．モデル構造

４．モデル構造

４－１　モデルの全体構造

モデルの全体構造は下図のとおりであり、前述のとおり、土地利用と交通の各々均衡状態に至る部分均衡型のモデルであり、5 年毎に土地利用及び交通モデルが次々に実行されるダイナミックなモデル構造である。

モデルの特徴は以下のとおりである。

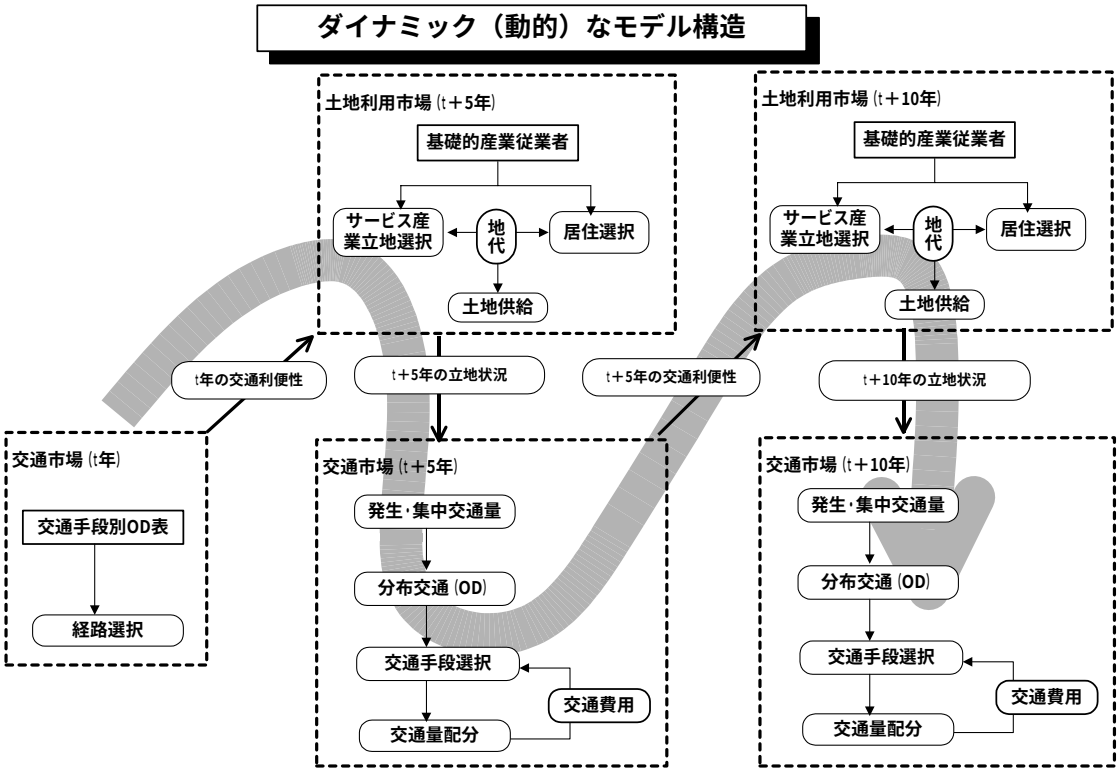
（モデルの特徴）

①対象地域に立地する立地者（居住者、従業者）の総立地者数は外生的に与えられている。都市経済学で言う ClosedCity である。その下で各ゾーンの立地需要量が決定される。

②土地利用、交通の各市場は価格（交通費用、地代）メカニズムにより需要と供給が調整され、各時期に各市場は均衡状態に達する。

③今期の土地利用市場は前期の交通市場の影響（交通利便性の変化等）を受ける。つまり、今期の交通基盤の整備（供給）は、次期の土地利用の立地需要に影響を及ぼす。

④両市場は同時期に均衡状態に至らず、モデル全体は擬似的な動学的モデルとなる。これは交通手段及び経路選択は比較的短期間に均衡状態に達するが、立地がインフラ整備等の交通市場の影響等を受けて、均衡状態に達するまでには長期間を必要とするためである。また、総立地数は年々変化し、完全な均衡状態には達しない。



出所：（株）価値総合研究所作成

図　４－１　モデルの擬似的動学的フロー

４－２ 土地利用モデルの構造

（１）全体構造（モデル全体の枠組み）

本モデルの土地利用モデルは、基本的にはミクロ経済学的な均衡モデルであり、世帯、企業（サービス業）、不在地主が効用（利潤）最大化の行動を行い、土地市場内を地代を介して立地分布、土地供給が決定されていく。

以下にモデルの仮定を列挙する。

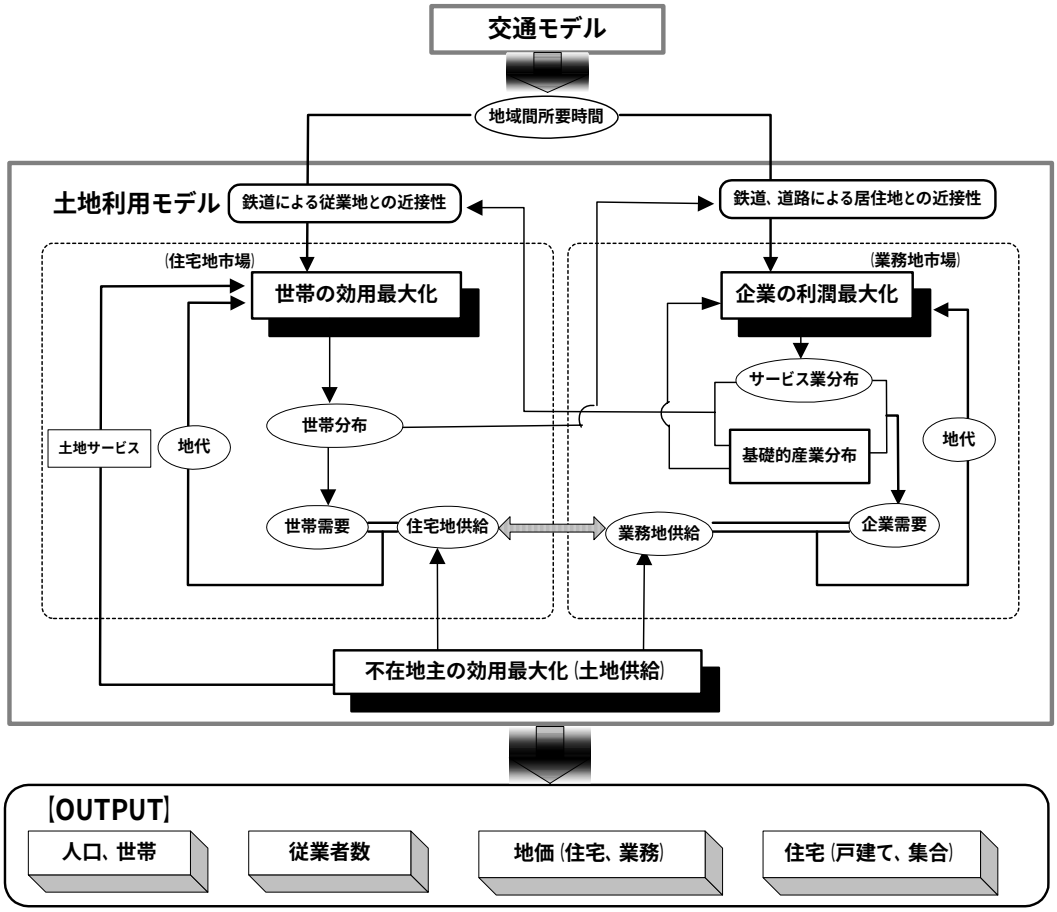
①主体は同一選好をもつ世帯及び業種・職種別の就労者 1 人当たりで捉えた企業、そして不在地主のみを考えている。

②世帯は効用最大化行動に従って立地選択を行うものとし、その結果から居住地が決定する。

③企業は利潤最大化行動に従って立地選択を行い、その結果から各ゾーンの労働需要量が決定する。その際に製造業、官公庁等の基礎的産業の変動は市場原理のみでは説明困難なものとして立地選択モデルに外生的に与えられる。

④各ゾーンに１人の不在地主が存在し、不在地主は効用最大化行動に従って用途別の土地供給を行い、その結果、各ゾーンの用途別の土地供給量が決定される。

⑤市場は住宅、業務の土地市場であり、両市場は各用途の地代を介して決定される。



出所：（株）価値総合研究所作成

図 ４－２ 土地利用モデルの全体構造

（２）モデルの定式化（各主体の行動の記述、均衡状態の記述）

１）世帯の行動モデル

すべての世帯は都市圏内の任意のゾーンに居住あるいは勤務するものとし、また世帯の住宅立地行動は以下の 2 段階で行われるものと仮定する。

i）効用最大化行動

世帯は以下のように労働時間 l、資産所得 y、一括固定税 g は居住ゾーン i に依らず一定である中で、時間制約及び所得制約の下で、土地サービス a_i，余暇時間 s_i，交通基盤サービス（ﾄﾘｯﾌﾟ）x_i，合成財 z_i をコントロールして、立地効用を最大化するものとする。

$$\max_{a_i,\ell_i,s_i,x_i,z_i} U_i[a_i,s_i,x_i,z_i] \qquad \text{(4-2-1a：直接効用関数)}$$

$$\text{st.}\ \ \ell + s_i + tx_i = T \qquad \text{(4-2-1b：時間制約)}$$

$$Rp_i a_i + ACC_i x_i + p_Z z_i = w\ell + y - g \qquad \text{(4-2-1c：所得制約)}$$

ただし、

g：世帯に課される一括固定税、ACC_i: サービス提供場所までの交通費用

p_z: 合成財価格、Rp_i: ゾーンiの住宅地代

t_i: サービス提供場所までの交通時間、T：総利用可能時間

w：賃金率、y：世帯の資産所得、i：居住地ゾーン

式(4-2-1a)～式(4-2-1c)を解くと a_i，s_i，x_i，z_i の各需要関数を得ることができる。

$$a_i = a_i[p_z, ACC_i, Rp_i, \Omega],\ \ s_i = s_i[p_z, ACC_i, Rp_i, \Omega]$$
$$x_i = x_i[p_z, ACC_i, Rp_i, \Omega],\ \ z_i = z_i[p_z, ACC_i, Rp_i, \Omega] \qquad \text{(4-2-2a)}$$

ただし、

$$\Omega = w\ell + y - g \qquad \text{：一般化可処分所　得} \qquad \text{(4-2-2b)}$$

（4-2-2a）式の需要量は世帯の効用最大化行動の結果、導かれるものであり、全ての価格（pz, ACC, Rp, Ω）に正の定数を乗じても、財の需要量は変化しない。これは、全ての価格と所得にある正の定数をかけても予算集合は変化しないため、最適な選択は変わらないということであり、世帯の最適選択は価格と所得に関して「ゼロ次同次」が仮定されている[27]。式(4-2-1a)に式(4-2-2a)を代入すると、下式のような最大効用レベルを示す間接効用関数（立地魅力度）を得る。

$$v_i = v_i[p_z, ACC_i, Rp_i, \Omega] \qquad \text{(4-2-3：間接効用関数)}$$

ここで間接効用関数と直接効用関数には以下の関係がある。

- 立地者は立地したゾーンにおいて、予算、所得制約のもとで土地価格と立地場所属性を所与として効用を最大化するように土地消費量を選択する。その結果として達成される効用の水準が式（4-2-3）の間接効用（立地魅力度）である。
- ミクロ経済学における通常の効用最大化行動の式では、その目的関数としていわゆる式（4-2-1）の直接効用関数を与え、それから式（4-2-3）の間接効用関数を導出するが、Varian（1992）で示されているように直接効用関数と間接効用関数との間の双対性に着目すれば、直接効用関数を特定化することと間接効用関数を特定化することは等しい。

ii）確率モデルとしての定式化

上で構築した世帯立地モデルは世帯レベルの効用最大化行動をモデル化したものであるが、各世帯は知覚や世帯規模（人員）等が異なり、各世帯の効用最大化行動は確定的な要素（4-2-3）式に確率的な要素が加わる。

---

[27] Varian「Microeconomic Analysis」によると、消費者は実行可能な選択肢の集合の中から最も好ましいベクトルを常に選択すると仮定し、最適選択は価格と所得に関して「ゼロ次同次」が仮定される。

$$V_i = v_i + \varepsilon_i \qquad (4\text{-}2\text{-}4)$$

v：確定項（間接効用関数：立地選択要因）

ε：確率項（測定不可能要因）

確率項 ε は観測されない世帯固有の要因であり、ランダムであるかのように観測され、ランダム変数が *Gumbel* 分布に従うと仮定することにより、立地者がゾーン i を選択する確率は以下のロジットモデルで表現される。

$$Pp_i = \frac{\exp(\theta v_i)}{\sum_i \exp(\theta v_i)} = \frac{\exp(v_i[p_z, ACC_i, Rp_i, \Omega])}{\sum_i \exp(v_i[p_z, ACC_i, Rp_i, \Omega])} \qquad (4\text{-}2\text{-}5)$$

v_i: 世帯がゾーンiにおいて享受する立地魅力度（間接効用）

Pp_i: 世帯の立地選択比率、ACC：交通条件、Rp：住宅地代

p_z: 合成財の価格、Ω：一般化可処分所得

iii）効用関数の特定化

上記の関係より、世帯の効用最大化行動は間接効用関数を特定化することで、最適土地消費行動を表現する。本モデルでは間接効用関数を式（4-2-6）のように特定化した。

$$v_i = \alpha_1 pz + \alpha_2 ACC_i + \alpha_3 Rp_i + \alpha_4 \Omega \qquad (4\text{-}2\text{-}6)$$

式（6-2-6）の間接効用関数の説明変数の中で合成財の価格、一般化可処分所得は各ゾーンで一定と仮定すると[28]、式（4-2-7）のように合成財、一般化可処分所得が分母と分子で相殺され、立地選択要因として交通費用と地代が残る。

$$\begin{aligned} Pp_i &= \frac{\exp(\alpha_1 pz + \alpha_2 ACC_i + \alpha_3 Rp_i + \alpha_4 \Omega)}{\sum_i \exp(\alpha_1 pz + \alpha_2 ACC_i + \alpha_3 Rp_i + \alpha_4 \Omega)} \\ &= \frac{\exp(\alpha_1 pz + \alpha_4 \Omega)\exp(\alpha_2 ACC_i + \alpha_3 Rp_i)}{\exp(\alpha_1 pz + \alpha_4 \Omega)\sum_i \{\exp(\alpha_2 ACC_i + \alpha_3 Rp_i)\}} \\ &= \frac{\exp(\alpha_2 ACC_i + \alpha_3 Rp_i)}{\sum_i \{\exp(\alpha_2 ACC_i + \alpha_3 Rp_i)\}} \end{aligned} \qquad (4\text{-}2\text{-}7)$$

さらに、土地の条件として各ゾーンの宅地面積の都市圏に対する割合を間接効用関数の説明変数とする。これは世帯は広い場所を求めて立地選択行動を起こすという仮定である。

立地量としては、世帯、人口両方が考えられるが、交通モデルとの整合性を考慮し、本モデルでは人口を立地指標とする。

[28] 都市圏（首都圏）において合成財の価格、所得は全て等しいと仮定することである。実際に区市町村の平均所得を見ると、都市間で差が生じている。しかしながら、現状のデータでは所得階層別データは取得不可能なこともあり、また、所得を外生的与えた場合、将来においてもゾーン平均所得は変化しないと仮定される。上記のことを考慮し、各ゾーンにおける所得は一定と仮定している。

iv）世帯の立地選択モデル

これまでの検討から世帯の立地選択モデルを以下のように定式化した。

（世帯の立地選択モデル）

$$N_i = Pp_i N_T$$

$$Pp_i = \frac{\exp(\theta V_i)}{\sum_i \exp(\theta V_i)}$$

$$S(Vp) = \left(\frac{1}{\theta}\right)\ln\left\{\sum_i \exp(\theta V_i)\right\}$$

$$V_i = \alpha_0 + \alpha_1 ACC_P_i + \alpha_2 Rp_i + \alpha_3 SE_i \qquad (4\text{-}2\text{-}8)$$

V_i: 世帯がゾーンiにおいて享受する立地魅力度（間接効用）

Pp_i: 世帯の立地選択比率、θ：立地選択比率パラメータ

N_i: 世帯のゾーンiの人口、N_T: 世帯の総人口（都市圏合計）

$S(V)$: 世帯の期待最大効用関数（満足度関数）

ACC：交通条件、Rp：住宅地代、SE：土地条件（宅地面積割合）

2）私企業の行動モデル

私企業（サービス業）の立地行動は世帯の行動と同様に 2 段階で行うものとする。

i）私企業の利潤最大化行動

私企業は以下のように、一括固定税 G、労働力 L は立地ゾーンに依らず一定である中で、生産技術制約の下で、土地サービス A_i、移動量 X_i、合成財 Z_i をコントロールして利潤を最大化するものとする。

$$\max_{A_i, Z_i} \quad p_z Z_i - \{Rs_i A_i + wL + ACC_i X_i + G\} \qquad (4\text{-}2\text{-}9a)$$

$$\text{st.} \quad Z_i = Z_i[A_i, L, X_i] \qquad (4\text{-}2\text{-}9b)$$

ただし、

G：私企業に課される一括固定税、L：労働力

Rs_i: ゾーンiの業務地代、ACC_i: サービス提供場所までの交通費用

p_z: 合成財価格、t_i: サービス提供場所までの交通時間、

T：総利用可能時間、w：賃金率、i：立地ゾーン

(4-2-9)式を解くと A_i、X_i の各需要関数、Z_i の供給関数を得ることができる。

$$A_i = A_i[p_z, Rs_i, ACC_i, G],\ Z_i = Z_i[p_z, Rs_i, ACC_i, G] \qquad (4\text{-}2\text{-}10)$$
$$X_i = X_i[p_z, Rs_i, ACC_i, G]$$

（4-2-10）式の需要量は企業の利潤最大化行動の結果、導かれるものであり、全ての価格（p_z、ACC、Rs、G）に正の定数を乗じても、財の需要量、供給量は変化せず、企業の最適選択は「ゼロ次同次」が仮定されている[29]。

例えば土地需要量 a_i に関しては以下のとおりである。

$$A_i[p_z, ACC_i, Rs_i, \Omega] = A_i[\lambda p_z, \lambda ACC_i, \lambda Rs_i, \lambda\Omega] \qquad (4\text{-}2\text{-}11)$$

(4-2-11)式を(4-2-10)式に代入すると私企業の利潤 $\prod_i$（最大利潤）が得られる。

$$\prod_i = \prod_i[p_Z, Rs_i, ACC_i, G] \qquad (4\text{-}2\text{-}12)$$

利潤最大化行動は世帯の場合と同様に利潤関数（間接効用関数）を特定化することで、最適土地消費行動を表現する。

ii）確率モデルとしての定式化

上で構築した私企業の立地モデルは事業所レベルの利潤最大化行動をモデル化したものであるが、各企業の認識や企業規模が異なり、各企業の利潤最大化行動は確定的な要素（4-2-12）式に確率的な要素が加わる。

$$V_i = \prod_i + \varepsilon_i \qquad (4\text{-}2\text{-}13)$$

$\prod$: 確定項（利潤関数）

ε：確率項（測定不可能要因）

確率項 ε は観測されない世帯固有の要因であり、ランダムであるかのように観測され、ランダム変数が *Gumbel* 分布に従うと仮定することにより、立地者がゾーン i を選択する確率は以下のロジットモデルで表現される。

$$Ps_i = \frac{\exp(\theta \prod_i)}{\sum_i \exp(\theta \prod_i)} = \frac{\exp(\prod_i[p_Z, Rs_i, ACC_i, G])}{\sum_i \exp(\prod_i[p_Z, Rs_i, ACC_i, G])} \qquad (4\text{-}2\text{-}14)$$

$\prod_i$: 企業がゾーンiにおいて享受する立地魅力度（利潤関数）

Ps_i: 企業の立地選択比率、ACC：交通条件、Rs：業務地代

p_z: 合成財の価格、G：私企業に課される一括固定税

---

[29] Varian「Microeconomic Analysis」によると、消費者は実行可能な選択肢の集合の中から最も好ましいベクトルを常に選択すると仮定し、最適選択は価格と所得に関して「ゼロ次同次」が仮定される。

iii）利潤関数の特定化

本モデルでは利潤関数を式（4-2-15）のように特定化した。

$$\prod_i = \alpha_1 p_Z + \alpha_2 Rs_i + \alpha_3 ACC_i + \alpha_4 G \qquad (4\text{-}2\text{-}15)$$

式（4-2-15）の利潤関数の説明変数の中で合成財の価格、一括固定資産税は各ゾーンで一定と仮定すると、式（4-2-16）のように合成財、一括固定資産税が分母と分子で相殺され、立地選択要因として交通費用と地代が残る。

$$\begin{aligned} Pp_i &= \frac{\exp(\alpha_1 p_Z + \alpha_2 Rs_i + \alpha_3 ACC_i + \alpha_4 G)}{\sum_i \exp(\alpha_1 p_Z + \alpha_2 Rs_i + \alpha_3 ACC_i + \alpha_4 G)} \\ &= \frac{\exp(\alpha_1 pz + \alpha_4 G)\exp(\alpha_2 ACC_1 + \alpha_3 Rs_i)}{\exp(\alpha_1 pz + \alpha_4 G)\sum_i \{\exp(\alpha_2 ACC_1 + \alpha_3 Rs_i)\}} \\ &= \frac{\exp(\alpha_2 ACC_1 + \alpha_3 Rs)}{\sum_i \{\exp(\alpha_2 ACC_1 + \alpha_3 Rs)\}} \end{aligned} \qquad (4\text{-}2\text{-}16)$$

さらに、産業集積状況も考慮し、説明変数を設定した。また、利潤関数は理論的には説明変数は価格になるが、ここでは貨幣換算せず、値をそのまま用いる。この方法は他研究と同様である。立地量としては、企業と従業者数の両方が考えられるが、世帯立地と同様に、交通モデルとの整合性を考慮し、従業者数を用いる。

iv）企業の立地選択モデル

以上により、企業の立地モデルは以下のように特定化した。

$$\begin{aligned} &E_i = Ps_i E_T \\ &Ps_i = \frac{\exp(\theta \prod_i)}{\sum_i \exp(\theta \prod_i)} \\ &S(\prod) = \left(\frac{1}{\theta}\right)\ln\left\{\sum_i \exp(\theta \prod_i)\right\} \\ &\prod_i = \alpha_0 + \alpha_1 ACC_E_i + \alpha_2 Rs_i + \alpha_3 SE_i \end{aligned} \qquad (4\text{-}2\text{-}17)$$

$\prod_i$：私企業がゾーンiにおいて享受する立地魅力度（利潤関数）
Ps_i：私企業の立地選択比率、θ：立地選択比率パラメータ
E_i：ゾーンiの従業者数、E_T：都市圏全体の総従業者数
$S(\prod)$：私企業の期待最大効用関数（満足度関数）
ACC：交通条件、Rs：業務地代、SE：企業集積（基礎的従業者数割合）

3）不在地主の行動モデル

各ゾーンでの宅地は工業、商業、住宅の 3 用途に分類されており、不在地主によって供給される。各用途の利用者及び宅地供給の競合関係は下表のとおりである。

工業地は外生的に与えられるが、商業地及び住宅地は内生的に決定される。商業地と住宅地の合計面積は一定であり、地価に応じて分担率が決定されていく。これは不在地主は自身の効用を最大限高めるために、市場動向を見極め、用途を決定していくことを表現している。

本モデルでの不在地主の行動のモデル化は商業地と住宅地の分担率を決定することになる。

表 4－1　宅地供給と利用者との関係

大分類	モデル上の分類	使用用途別宅地	モデルでの立地決定	宅地供給決定	宅地供給競合関係
基礎的産業従業者数	1 次産業従業者	－	外生	－	－
	製造業従業者	工業地	外生	外生	変化無し
	建設業従業者	商業地	外生	内生	各用途の地価に応じて分担率が変化。 →土地の需給バランスを考慮している。
	本社機能	商業地	外生	内生	
	本庁機能	商業地	外生	内生	
	運輸通信業従業者	商業地	外生	内生	
サービス産業従業者数	小売業	商業地	内生	内生	
	その他サービス業	商業地	内生	内生	
	公務一般	商業地	内生	内生	
居住者	人口	住宅地	内生	内生	

i）効用最大化行動モデル

ここでは１つのゾーンに単位面積を持つ多数の不在地主が存在し、不在地主は一括固定税、土地以外の所得が一定である中で、所得制約の下で供給する用途を選択しながら、次のような効用最大化行動をとるものとする。

$$\max_{L_{ki},Z_i} U_{ki}\left[L_{ki},Z_i\right] \qquad (4\text{-}2\text{-}18a)$$

$$\text{st.}\quad p_z Z_i \le R_{ki}L_{ki} + y - g \qquad (4\text{-}2\text{-}18b)$$

ただし、

U：不在地主の効用（住宅地または業務地）

L_{ki}: iゾーンのk用途の宅地供給量

R_{ki}: iゾーンのk用途の地価（住宅地または業務地）、Z：不在地主の合成財消費量

g：一括固定税、y：不在地主の土地以外の資産からの所得

k：iゾーンのk用途（住宅地または住宅地）

これを解くと、各用途の土地供給関数と合成財に対する需要関数が得られる。ここでも、世帯、企業と同様に「ゼロ次同次」が仮定されており、所得、価格に正の定数を乗じても需要量は変化しない。

$$L_{ki} = L_{ki}\left[p_z, R_{ki}, \Omega\right],\quad Z_i = Z_i\left[p_z, R_{ki}, \Omega\right] \qquad (4\text{-}2\text{-}20a)$$

$$\Omega = y - g\text{：一般化可処分所得} \qquad (4\text{-}2\text{-}20b)$$

これらから、不在地主の間接効用関数は以下のようになる。

$$vL_{ki} = vL_{ki}\left[p_z, R_{ki}, \Omega\right] \qquad (4\text{-}2\text{-}21)$$

ii）確率モデルとしての定式化

上で構築した不在地主の土地供給モデルは効用最大化行動をモデル化したものであるが、各地主の知覚が異なり、各地主の効用最大化行動は確定的な要素（4-2-21）式に確率的な要素が加わ

る。

$$VL_{ki} = vL_{ki} + \varepsilon_i \qquad (4\text{-}2\text{-}22)$$

vL_{ki}: 確定項（間接効用関数）

ε：確率項（測定不可能要因）

確率項 ε は観測されない世帯固有の要因であり、ランダムであるかのように観測され、ランダム変数が *Gumbel* 分布に従うと仮定することにより、立地者がゾーン i を選択する確率は以下のロジットモデルで表現される。

$$P_{ki} = \frac{\exp(\theta vL_{ki})}{\sum_k \exp(\theta vL_{ki})} = \frac{\exp(vL_{ki}[p_z, R_{ki}, \Omega])}{\sum_k \exp(vL_{ki}[p_z, R_{ki}, \Omega])} \qquad (4\text{-}2\text{-}23)$$

vL_{ki}: 地主がゾーンiの用途kに土地供給することによる間接効用

P_{ki}: iゾーンの用途kの土地供給割合

R_{ki}: iゾーンの用途kの地価（住宅地または業務地）

Ω：不在地主の一般化可処分所得、p_z: 合成財の価格

k：iゾーンのk用途（住宅地または住宅地）

ここでも、一般化可処分所得、合成財はゾーンに依存しないため、効用関数の説明変数は地代のみになる。これらから、不在地主の満足度関数と土地供給確率は以下のロジットモデルとなる。

iii）効用関数の特定化

不在地主の効用関数も世帯の効用関数と同様に、以下のように間接効用を特定化する。

$$vL_{ki} = \alpha_1 p_Z + \alpha_2 R_{ki} + \alpha_3 \Omega \qquad (4\text{-}2\text{-}24)$$

式（4-2-24）の間接効用関数の説明変数の中で合成財の価格、一般化可処分所得は各ゾーンの各用途で一定と仮定すると、式（4-2-25）のように合成財、一般化可処分所得が分母と分子で相殺され、土地供給要因として各用途の地代が残る。

$$\begin{aligned} P_{ki} &= \frac{\exp(\alpha_1 p_Z + \alpha_2 R_{ki} + \alpha_3 \Omega)}{\sum_k \exp(\alpha_1 p_Z + \alpha_2 R_{ki} + \alpha_3 \Omega)} \\ &= \frac{\exp(\alpha_1 pz + \alpha_3 \Omega)\exp(\alpha_2 R_{ki})}{\exp(\alpha_1 pz + \alpha_3 \Omega)\sum_k \{\exp(\alpha_2 R_{ki})\}} \\ &= \frac{\exp(\alpha_2 R_{ki})}{\sum_k \{\exp(\alpha_2 R_{ki})\}} \end{aligned} \qquad (4\text{-}2\text{-}25)$$

iv）不在地主の選択モデル

以上により、地主の土地供給モデルは以下のように特定化した。

$$L_{ki} = P_{ki} LT_i \qquad P_{ki} = \frac{\exp(vL_{ki})}{\sum_k \exp(vL_{ki})}$$

$$B_i(V_i) = \ln\left\{\sum_k \exp(vL_{ki})\right\}、\ vL_{ki} = \alpha R_{ki}$$

L_{ki}: iゾーンにおける用途kの土地供給量 (4-2-26)

LT_i: iゾーンの総土地供給量、P_{ki}: iゾーンの用途kの土地供給割合

R_{ki}: iゾーンの用途kの地価（住宅地または業務地）

$B_i(VL_i)$: iゾーンの不在地主の期待最大効用（満足度関数）

α：パラメータ

4）市場地代構造

本モデルでは、地代は土地の需要量と供給量の関係で決定されるとし、主体１人当たりの土地需要量を説明変数とする地代の関数を設定する。しかしながら、この地代－土地需給の構造は、社会・経済情勢によって大きく変化するため、本モデルのように動学的なモデルの場合、地代関数のパラメータを固定的に扱い、社会経済趨勢を表現する可変的（時系列的）な変数を導入することが望ましい。

特に地代はマネーサプライ（通貨供給量）、長期国債応募者利回り、国内銀行の不動産業向け貸出残高、日経平均株価等の経済趨勢（資金面）に大きく依存しており、それらの条件の下、その期の土地市場の需給関係によって決定されている。本モデルの対象地域である首都圏ではバブル崩壊以降、地価が大幅に下落し、都心回帰現象が発現しているが、需要の増大にも関わらず、地価が下落している。

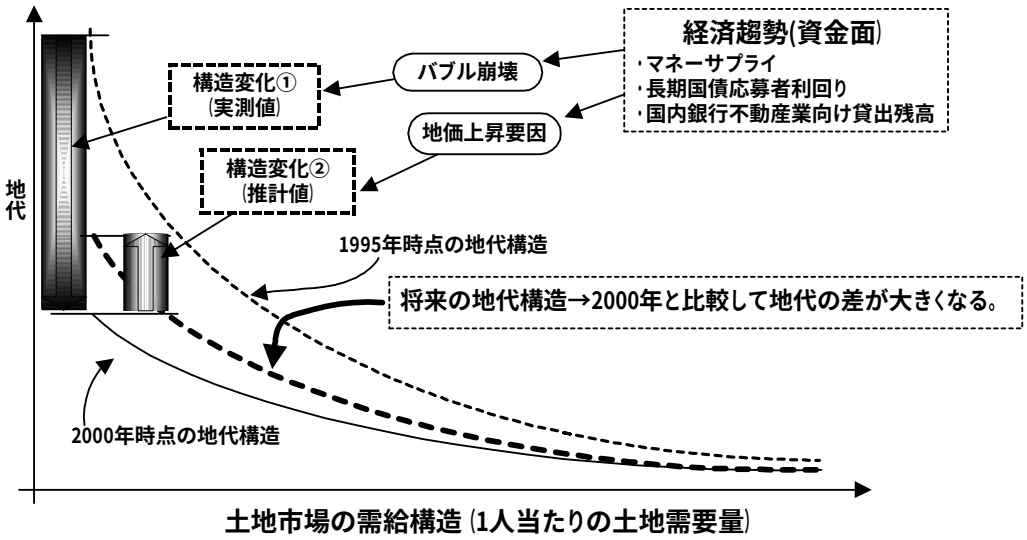


図 ４－３ 市場地代の決定構造のイメージ

そのため、本モデルでは市場の地代構造を(4-2-27)式のように経済社会趨勢と土地市場の需給構造の両者によって決定される構造とした。これによって、地代－土地需給関係の構造変化を考慮可能なモデル構造となる。

（市場の地代構造）

$$R_{ki} = Tr_k RT_{ki} \qquad RT_{ki} = A\exp(-Bq_{ki}) \qquad q_{ki} = \frac{L_{ki}}{N_{ki}} \tag{4-2-27}$$

R_{ki}：iゾーンの用途kの市場地代（トレンドを考慮）

RT_{ki}: iゾーンの用途kの地代、Tr_k: 社会経済トレンド（k用途）

q_{ki}: iゾーンの主体kの消費する土地面積（土地需要量）

L_{ki}: 用途kの土地供給量、N_{ik} :iゾーンにおける主体kの立地量

A, B：パラメータ

５）アクセシビリティ（交通条件）

交通条件としてアクセシビリティ指標を作成すアクセシビリティ指標としては当該ゾーンから目的地までの一般化交通費用の平均値を用いる。

理論的には、交通モデルにおける交通手段分析のロジットモデルと同様に、期待最大効用としてログサム関数によって平均的な交通抵抗を与えることが望ましい。しかしながら、モデルの再現性を考慮すると、モデルの解法は複雑になるが、人口及び従業者数等で加重平均したものを用いるのが望ましいと考えられる。

交通手段別一般化費用の取扱いに関しては、MEPLAN 等の欧米のモデルでは道路のアクセシビリティの変化により世帯の立地が直接的に変化する構造になっているが、これを首都圏に適用した場合、アクアライン、圏央道等の高規格道路の整備により、通過市町村の人口が大幅に増加する傾向となり、現状と乖離する場合がある。そこで、本モデルでは世帯の立地変化に直接的に影響を及ぼすのは鉄道アクセシビリティであり、道路整備の効果としては、道路整備→従業者の立地変更（鉄道との加重平均）→従業地への鉄道アクセス変化というように間接的に変化する構造としている。

また、従業者の立地変化は道路と鉄道の一般化費用の加重平均を用いる。

（アクセシビリティ算定式）

$$ACC_P_i = \frac{\sum_j E_j \exp(MC_{ij})}{\sum_j E_j} \qquad ACC_E_i = \frac{\sum_j N_j \exp(C_{ij})}{\sum_j N_j}$$

$$MC_{ij} = \ln\{\exp(MC_{ij})\}$$

$$C_{ij} = \ln\{\exp(RC_{ij}) + \exp(MC_{ij})\} \qquad (4\text{-}2\text{-}28)$$

ACC_P_i: 世帯にとってのiゾーンのアクセシビリティ

ACC_E_i: サービス業にとってのiゾーンのアクセシビリティ

C_{ij}: ゾーンij間の平均所要時間

RC_{ij}: ゾーンij間の乗用車所要時間、MC_{ij}: ゾーンij間のマストラ所要時間

（３）解の一意性及び等価な最適化問題への変換

１）均衡条件

モデルにおける均衡は以下のような用途別及びゾーン別の土地市場の清算条件から成る連立方程式の解として定義される。

（モデルの均衡条件）

$$N_{kT}P_{ki}q_{ki} = L_{ki} \quad \text{（用途別土地市場均衡条件）}$$
$$\sum_k L_{ki} = LT_i \quad \text{（ゾーン別土地市場均衡条件）} \qquad (4\text{-}2\text{-}29)$$

土地市場の清算条件は、ゾーン毎に定義され、それらが同時に満たされる状態として均衡が定義される。

２）等価な最適化問題への変換

（4-2-29）式の均衡状態を得るためには、非線形連立方程式を解く必要があるが、本モデルのような大規模なモデルでは解を得ることは非常に困難である。このような場合、均衡状態を等価な数理最適化問題に変換して解を導く方法が採られるため、本モデルでも同様の方法を用いる。これは交通モデルにおける Beckman の定式化による数理最適化問題の解と利用者均衡配分の均衡解が一致する場合と同様である。

上田・堤（2000）らによるとミクロ経済学における多市場同時均衡の理論フレームにおいては、Varian(1992)によって、以下の条件の下では、多市場同時均衡が社会的総余剰最大化と等価であることが示されている。

① 間接効用関数（利潤関数）に含まれる要因（ex.地代、交通費用）が内生的に変化しない

② 間接効用関数（利潤関数）が所得に対して線形であること。つまり、直接効用関数が合成財に対して線形であり、余分な所得を全て合成財の消費に使うということである。

上記、条件により、（4-2-9）式の均衡状態は、以下のような総余剰最大化問題[30]により導かれる。

（総余剰最大化の定式化）

$$SW = \min\left\{\sum_k \frac{N_{kT}}{MIV_k} S_k(V_k) + \sum_i B_i(V_i) LT_i\right\} \qquad (4\text{-}2\text{-}30)$$

MIV_k: 立地者毎の所得の限界効用（一定値）

N_{kT}: 主体kの立地総量、LT_i: ゾーンiの土地供給総量

$S_k(V_k)$: 立地主体kの期待効用、$B_i(V_i)$: 不在地主の期待効用

この数理最適化問題の一階の条件を求め、Roy の恒等式、ロジットモデルの満足度関数の性質を用いれば、求めた一階の条件は以下のようなゾーン別、主体別の立地者数も内生化した上で土地市場の清算条件となる。

$$-N_{kT}P_{ki}q_{ki} + L_{ki} = 0 \qquad (4\text{-}2\text{-}30)$$

[30] この最適化問題は交通量配分モデルでいう「システム最適化問題」と同じである。

ここでは以下の性質を用いている。

（一階の条件のための性質）

$$\frac{\partial V_{ki}}{\partial R_{ki}} = -MVI_{ki} q_{ki} \qquad \text{（}Roy\text{の恒等式）}$$

$$P_{ki} = \frac{\partial S_k(V_{ki})}{\partial V_{ki}} = \frac{\exp(V_{ki})}{\sum_i \exp(V_{ki})} \qquad \text{（満足度関数の性質）} \qquad (4\text{-}2\text{-}31)$$

$$PL_{ki} = \frac{\partial B(R_{ki})}{\partial R_{ki}} \frac{\exp(R_{ki})}{\sum_k \exp(R_{ki})} \qquad \text{（期待最大効用の性質）}$$

３）等価な最適化問題

本モデルは居住者、企業、地主の３主体の合理的行動の結果として均衡状態が導かれる。これは社会全体としては、以下のように社会的総余剰最大化を行うことで実現されることが示され、非線形の最適化問題となる。

（等価な最適化問題）

$$SW = \min\left\{ \sum_k \frac{N_{kT}}{MIV_k} S_k(V_k) + \sum_i B_i(R_i) L_i \right\}$$

ここで

$$R_{ki} = Tr_k RT_{ki} \qquad RT_{ki} = A\exp(-Bq_{ki}) \qquad q_{ki} = \frac{L_{ki}}{N_{ki}}$$

MIV_k: 立地者毎の所得の限界効用（一定値）

N_{kT}: 主体kの立地総量、L_i: ゾーンiの土地供給総量

$S_k(V_k)$: 立地主体kの期待効用、$B_i(R_{ki})$: 不在地主iの期待効用

R_{ki}：iゾーンの用途kの市場地代（トレンドを考慮）

RT_{ki}: iゾーンの用途kの地代、Tr_k: 社会経済トレンド（k用途）

q_{ki}: iゾーンの主体kの消費する土地面積（土地需要量）

L_{ki}: 用途kの土地供給量、N_{ik} : iゾーンにおける主体kの立地量

A, B：パラメータ

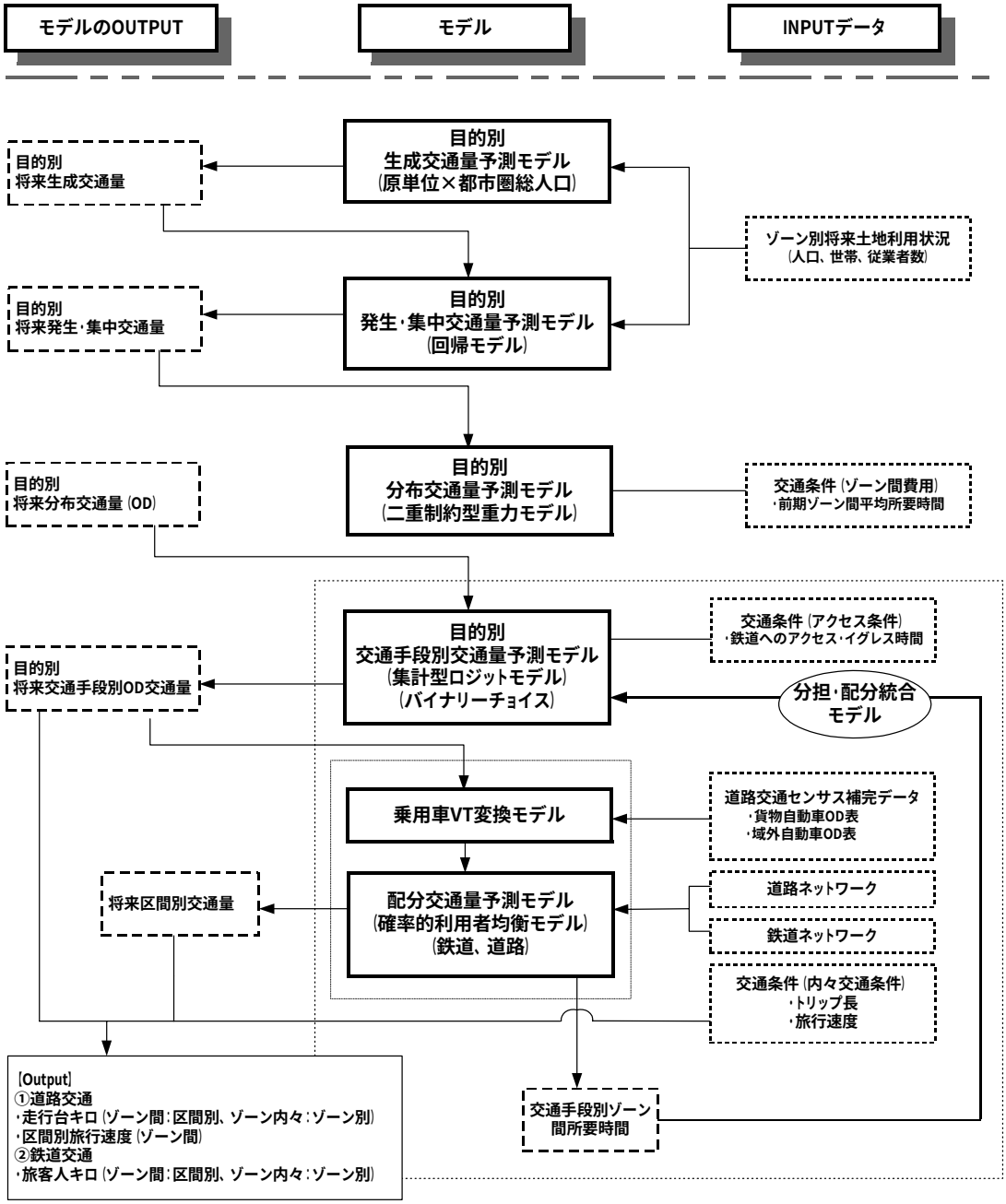
上記、最適化問題の解法は、初期値として地代を入力し、モデル実行後、出力された地代を再度入力し、収束するまで（均衡に至るまで）実行しつづける方法では、均衡解を導きだすことは困難であり、本調査の試行結果においても収束には至らなかった。この方法は非線形計画法における方向（探索）ベクトルを導出して実行していくことであるが、探索距離（ステップサイズ）を導出していないため、振動の状況に陥りやすい。

そこで、本調査では、非線形計画法の解法に準拠し、方向ベクトル、ステップサイズを導出し、均衡解を導き出した。この方法は交通量配分における均衡状態を導く方法と同手順であり、さらに、上述の Varian(1992)による社会的総余剰最大化の条件である「間接効用関数（利潤関数）に含まれる要因（ex.地代、交通費用）が内生的に変化しない」を包含しており、均衡解の導出にあたっては妥当な方法と言える。

４－３ 交通モデルの構造

（１）モデルの全体構造

交通モデルは、全国各地で行われている総合交通体系調査と同様に基本的に四段階推計法であるが、分担・配分統合モデルとし、配分結果のサービスレベルを分担推計にフィードバックする構造である。



出所：（株）価値総合研究所作成

図 ４－４ 交通モデルの概要

（２）各サブモデルの構造

１）生成交通予測モデル

生成交通量予測は都市圏内居住者による域内関連将来生成交通量の予測を目的種類別に行う。生成交通量は都市圏総トリップ数であり、発生・集中交通量のコントロールトータルとするものである。生成交通量は、都市圏の人口に目的別トリップ原単位を乗じて算定する。

（生成交通量予測式）

●生成交通量（目的別）＝都市圏内人口×トリップ原単位（目的別）　　(4-3-1)

２）発生・集中交通予測モデル

各ゾーンからのトリップ発生集中交通量は、基本的には、人口、従業者数等の土地利用データを説明変数とする目的別の線形回帰モデルで表現するが、モデルの推定は帰宅目的とそれ以外の目的（通勤、通学、私事、業務）で異なる。

また、発生・集中量の推定後、コントロールトータル値として、前に推計した目的別生成交通量を用いる。

i）帰宅目的以外のモデル推定

帰宅目的以外（通勤、通学、私事、業務）のモデルの推定は、基本的に立地モデルで出力される人口、産業別従業者数を用いて適合度の高い変数を採用する。その際に関数形は基本的に線形関数を用いるが、適合度が低い場合は他関数を用いた。

（帰宅以外の発生交通量）

$$GA_i = \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \cdot\cdot\cdot + \alpha_0$$
$$AT_j = \beta_1 Y_1 + \beta_2 Y_2 + \cdot\cdot\cdot + \beta_0 \qquad (4\text{-}3\text{-}2)$$

GA：発生交通量、AT：集中交通量

X：発生要因（人口等）、Y：集中要因（従業者数 等）

α、β：パラメータ

ii）帰宅目的のモデル推定

帰宅発のパーソントリップは、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。つまり、帰宅目的のトリップは、他の目的トリップの「裏返し」として、必ず発生する。したがって、帰宅目的のトリップ発生・集中量は、他の目的トリップと独立に決定されるのではなく、他目的トリップ発生集中量から推計されるべきものである。

（帰宅目的の発生量）

$$GH_i = \alpha_{10} Aw_{10} + \alpha_{11} As_{11} + \alpha_{12} Ap_{12} + \alpha_{13} Ab_{13} + \alpha_{14}$$
$$AH_i = \beta_{10} Gw_{10} + \beta_{11} Gs_{11} + \chi_{12} Gp_{12} + \beta_{13} Gb_{13} + \beta_{14} \qquad (4\text{-}3\text{-}3)$$

GH：帰宅トリップ発生量、AH：帰宅トリップ集中量

3）分布交通予測モデル

i）モデル構造

分布モデルは実際の OD トリップを推計するモデルである。分布モデルは現在パターン法、重力型モデル等の種々のモデルが存在するが、本モデルでは発生・集中段階でコントロールトータルを押えているため、発生・集中両側のコントロール制約が保証される二重制約型重力モデルを用いる。これらのモデルは目的別に構築する。

定式化は以下のとおりである。

（分布モデル式）

$$Q_{ijm} = \frac{\alpha_{im} GA_{im} \beta_{jm} AT_{jm}}{\exp(\lambda_m c_{ij})}$$

$$\alpha_{im} = \frac{1}{\sum_j \beta_{jm} AT_{jm} \exp(\lambda_m c_{ij})} \qquad \beta_{jm} = \frac{1}{\sum_i \alpha_{im} GA_{im} \exp(\lambda_m c_{ij})} \qquad (4\text{-}3\text{-}4)$$

Q_{ijm}: ij間のm目的のODトリップ数、GA_{im} : iゾーンからのm目的の発生交通量

AT_{jm}: jゾーンへのm目的の集中交通量、c_{ij}: 地域間交通費用（前期）

α_{im}、β_{jm}: m目的の場合の調整係数、λ_m : m目的のパラメータ

ii）モデルの運用方法

二重制約型モデルの実行方法は以下のとおりである。パラメータλを設定し、αとβを交互に算出する収束計算を実行する。収束判定は OD トリップ数で判定し、差分の最大値が 1.0 以下のときに終了する。

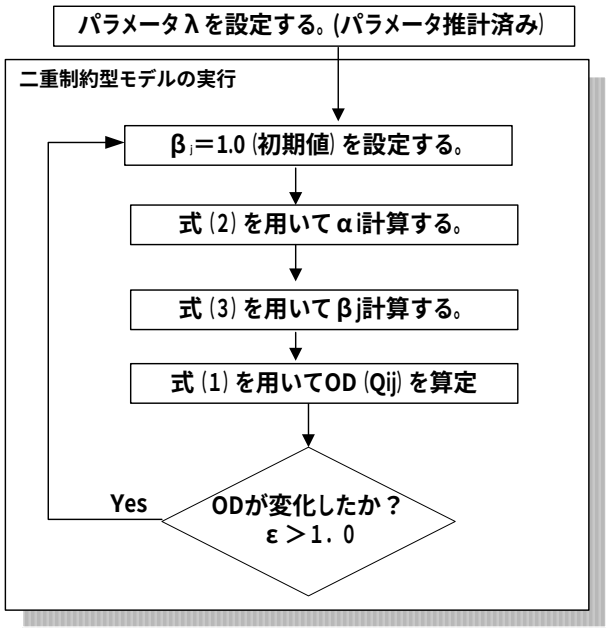


図 4－5　二重性約型重力モデルの実行方法

4）交通機関分担モデル

i）モデルの概要

交通機関分担モデルは、分布交通予測モデルで推計された目的別全手段 OD 表を各交通機関に分担させ、目的別交通機関別 OD 交通量を予測するモデルである。本モデルの交通機関分担モデルでは以下の３つの代表交通手段とする。

表 ４－２　使用する交通手段（代表手段）

モデル分類	徒歩・二輪	乗用車	鉄軌道
適用手段	徒歩、自転車、バイク	軽乗用、乗用車、バス	新交通、モノレール、地下鉄、私鉄、JR

ii）ゾーン内々分担

ゾーン内々分担は、次段階の交通量配分においてゾーン内々の所要時間の算出が困難なこと、内々分担の要因の特定が困難なこと、そして、インフラ整備等による分担率の変化有無等を考慮して、各年次及びインフラ整備前後で一定とする。

iii）ゾーン間分担

ゾーン間分担は集計型ロジットモデルの適用を前提とした下図のようなバイナリー・チョイス法を用いる。モデルでは各段階に応じて目的別に分担率を算定し、順次交通量を分担していく。

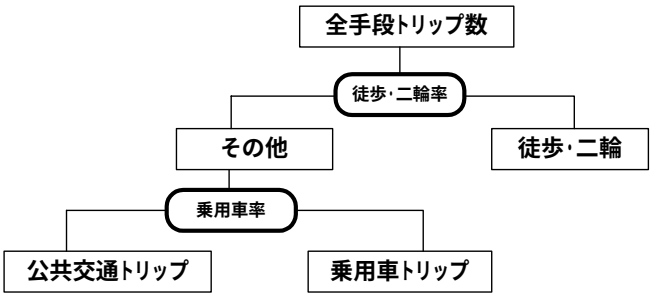


図 ４－６ 交通機関分担モデルの構造

各段階のモデル構造を以下に示す。

①徒歩・二輪分担

徒歩・二輪とその他交通機関の分担は一般の総合交通体系等では移動距離を説明変数として採用して分担率を決定するが、本モデルは総合交通体系と比較してゾーンが大きく、移動距離が長くなり、分担構造に歪みが生じる可能性を考慮して、ゾーン内々モデルと同様に一定とした。

②乗用車分担率

乗用車と公共交通機関の分担率は下式のような集計型ロジットモデルを使用する。

$$PC_{ijm} = \frac{\exp(V_{ijm}^{car})}{\exp(V_{ijm}^{car}) + \exp(V_{ijm}^{mas})}$$

$PM_{ijm} = 1 - PC_{ijm}$、$V_{ijm}^{car} = a_m t_{ij}^{car} + d_m$、$V_{ijm}^{mas} = a_m t_{ij}^{mas} + b_m SE_i + c_m IG_j$

PC_{ijm}: ij間のm目的の自動車分担率（選択確率）　(4-3-5)

PM_{ijm}: ij間のm目的の公共交通機関の分担率（選択確率）

V_{ijm}^{car} : ij間のm目的の自動車利用の効用、V_{ijm}^{mas}: ij間のm目的の公共交通利用の効用

t_{ij}^{car}: ゾーンij間の自動車所要時間、t_{ij}^{mas}: ゾーンij間の公共交通機関所要時間

SE_i: 発ゾーンiの駅密度、IG_j: 着ゾーンjのイグレス距離、a,b,c,d：パラメータ

５）交通量配分モデル

交通量の配分モデルでは、鉄軌道、道路共に利用者行動の不確実性を考慮し、確率的利用者均衡配分を用いる。

確率的利用者均衡配分は『どの利用者も自分が経路を変更することによって、自分の経路費用を減少させることができないと信じている状態』という定常状態を表現したものであり、Wardrop 均衡の概念を一般的に拡張したものである。

これらは以下の最適化問題に定式化できる。

（交通量配分：確率的利用者均衡配分式）

$$\sum_{ij}\int_0^{x_{ij}} t_{ij}(w)dw - \frac{1}{\theta}\sum_{rs} q_{rs} H_{rs}(f^{rs}) \Rightarrow \min$$

subject to

$$x_{ij} = \sum_{rs}\sum_{k} \delta_{ij,k}^{rs} f_k^{rs}$$

$$q_{rs} = \sum_{k} f_k^{rs}$$

$$f_k^{rs} \geq 0$$

$$H_{rs}(f^{rs}) \equiv -\sum_{k} P_k^{rs} \ln P_k^{rs} = -\sum_{rs}\sum_{k} \frac{f_k^{rs}}{q_{rs}} \ln \frac{f_k^{rs}}{q_{rs}}$$

x_{ij}: リンク交通量、f_k^{rs}: ODペアrs間のk番目の経路交通量

q_{ij}: ODペアrs間のODトリップ数

$\delta_{ij,k}^{rs}$: ODペアrsのk番目の経路がリンクijを通れば１、そうでなければ0　　（4-3-6）

解法には部分線形化法を用い、確率配分には Dial のアルゴリズムを用いる。

また、θは確率配分でロジット型モデルを仮定する際のガンベル分布のスケールを示す。基本的にはθ→∞だと、通常の利用者均衡モデルとなる。本調査では道路交通ではθ＝１０、マストラではθ＝０．１と設定する。

従来の実証研究によれば、現実的なθの値は１０～１００程度であることが知られているが、ゾーニング及びネットワークを考慮すると、経路間での利用者数のばらつきを考慮することが必要であり、鉄道に関しては０．１と設定し、通常の利用者均衡配分によりばらつきを表現したモデルとしている。

５．パラメータ推計

５．パラメータ推計

本モデルは擬似的な動学的な構造のモデルである。モデル構造でも記述したように地代構造に関してはバブル等の構造変化を考慮しているが、その他のデータに関してはデータの制約等から現状の構造が計画期間中に不変であるとしてパラメータを推計する。

５－１ 土地利用モデル

（１）立地選択モデル

１）パラメータ推計

i）居住選択モデル（人口分布）

居住者の立地選択モデルのパラメータは1995年の土地利用指標及び1990年のアクセシビリティを用いて、最小二乗法で推定する。推定結果は以下のとおりである。

表 ５－１ 住宅立地モデルのパラメータ推定結果

	パラメータ	t 値
住宅地価	-0.00362399	-1.08201422
アクセシビリティ（従業地との近接性）	-1.07299996	-9.544962306
宅地面積割合	132.72679781	15.16561413
切片	-4.28073257	-14.17294476

表 ５－２ 住宅立地モデルの推定結果（相関）

重相関 R	0.808671286
重決定 R2	0.653949249

ii）企業立地モデル（サービス産業従業者数分布）

企業（サービス産業従業者数）の立地選択パラメータは1995年の土地利用指標及び1990年のアクセシビリティを用いて推定する。モデルには地価を導入することが絶対条件であるが、首都圏での地価と立地分布の場合、最小二乗法ではパラメータが（＋）になるため使用することはできない。そこで、以下の最適化手法を用いてパラメータを推計する。最適化には準ニュートン法を用いる。

$$SQ = \min \left| Ns_i - N \frac{\exp(\theta V)}{\sum_i \exp(\theta V)} \right|$$

$$st. \qquad \theta_{rent} \le 0 \qquad (5\text{-}1\text{-}1)$$

θ：パラメータ（変数）

推定結果は以下のとおりである。

表 ５－３ 企業立地モデルのパラメータ推定結果

	パラメータ
商業地価	-0.00048258
アクセシビリティ	-0.96112802
基礎従業者割合	73.42768525

表 ５－４ 住宅立地モデルの推定結果（相関）

重相関 R	0.803509835
重決定 R2	0.645628055

2）定数項修正

社会・経済分野におけるモデルを構築する場合、定数項修正を導入するが、本モデルでは計量経済モデルのように定数項修正を加算する方法は用いず、以下のように上記で推定したパラメータを用いて最適化手法によって定数項修正を推定する。最適化手法は準ニュートン法を用いる。

$$SQ = \min \left| Ns_i - N \frac{\exp(\theta_k V_{ki} + w_i)}{\sum_i \exp(\theta_k V_{ki} + w_i)} \right| \qquad (5\text{-}1\text{-}2)$$

w_i: iゾーンの定数項修正値

（2）宅地供給モデル

宅地供給モデルに関しては、各ゾーンにおける分担率モデルを推定する。これは交通手段の分担率を推計する手法と同様に以下のように推定する。

$$\ln(P_{i,house} / P_{i,office}) = \alpha(R_{i,house} - R_{i,office}) + \beta \qquad (5\text{-}1\text{-}3)$$

$P_{i,house}$: iゾーンの住宅地供給割合

$P_{i,office}$: iゾーンの商業地供給割合

$R_{i,house}$: iゾーンの住宅地地価

$R_{i,office}$: iゾーンの商業地地価

パラメータの推定は最小二乗法を用いて行う。推計結果は以下のとおりである。

表 5－5　宅地供給モデルの推計結果

	パラメータ	t 値
価格	0.007086	8.884
切片	3.192605	38.332

表 5－6　宅地供給モデルの推定結果（相関）

重相関 R	0.566506
重決定 R2	0.320929

また、立地モデルと同様に定数項修正を推計するが、ここでは最適化手法は用いず、以下のような式変形により定数項を推定する。

$$SQ = \ln\left(\frac{P_{house}}{1 - P_{house}} \exp(aR_{office}) \right) - aR_{house} - b \qquad (5\text{-}1\text{-}4)$$

５－２ 交通モデル

（１）生成交通量

１）原単位の作成

生成交通量の変動要因としては、高齢化、女性の社会進出、産業構造変化、モータリゼーションの進展、IT 化（テレコミュニケーション等）、住宅・オフィス形態、就業構造等、様々な要因が考えられ、トリップ生成構造を特定化することは困難である。

そこで、本調査では、トリップ原単位（トリップ／人）については過去のトレンドを考慮し、今後もこの傾向が続いていくと仮定し、以下のように設定した。これにより、IT 化等の技術進歩、産業構造等の様々な要因が今後とも過去と同様に変化していくと仮定している。

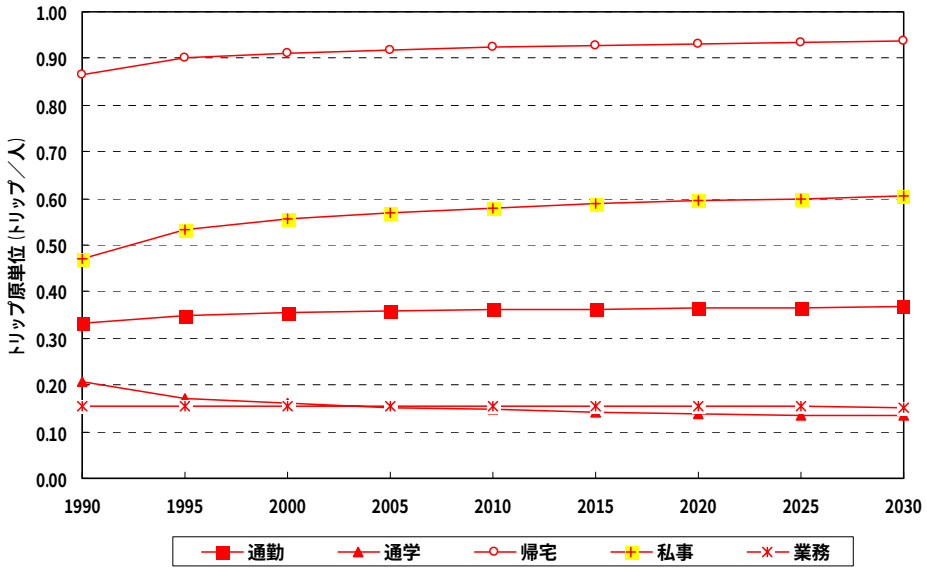


図 ５－１ トリップ原単位の推計値

２）生成交通量

上記、原単位及び都市圏総人口の推計値を使用し、生成交通量を以下のように推計した。

表 ５－７ 生成交通量予測結果

	トリップ数（千トリップ）							都市圏総人口（千人）	
	通勤	通学	帰宅	私事	業務	合計	1995 年比	人口	1995 年比
1995	11,897	5,854	30,655	18,204	5,255	71,865	100.00%	34,066	100.00%
2000	12,402	5,583	31,862	19,447	5,375	74,668	103.90%	34,941	102.57%
2005	12,614	5,360	32,349	20,067	5,404	75,794	105.47%	35,189	103.30%
2010	12,794	5,207	32,771	20,563	5,435	76,770	106.83%	35,440	104.03%
2015	12,838	5,045	32,849	20,795	5,418	76,945	107.07%	35,363	103.81%
2020	12,747	4,864	32,590	20,779	5,351	76,331	106.21%	34,953	102.60%
2025	12,542	4,666	32,046	20,555	5,242	75,050	104.43%	34,261	100.57%
2030	12,277	4,466	31,350	20,212	5,111	73,416	102.16%	33,425	98.12%
2030/1995	103%	76%	102%	111%	97%	102%		98%	

（2）発生・集中交通量

1）帰宅目的以外のモデル推定

帰宅目的以外（通勤、通学、私事、業務）のモデルの推定は、基本的に立地モデルで出力される人口、産業別従業者数を用いて適合度の高い変数を採用する。その際に関数形は基本的に線形関数を用いるが、適合度が低い場合は他関数を用いた。

（帰宅以外の発生・集中交通量）

$$GA_i = \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \cdot\cdot\cdot + \alpha_0$$

$$AT_j = \beta_1 Y_1 + \beta_2 Y_2 + \cdot\cdot\cdot + \beta_0 \qquad (5\text{-}2\text{-}1)$$

GA：発生交通量、　AT：集中交通量

X：発生要因（人口等）　、Y：集中要因（従業者数　等）

α、β：パラメータ

パラメータの推計結果は以下のとおりである。

表　5－8　発生・集中予測式（帰宅以外）

	発生モデル				集中モデル			
	a	b	説明変数	重相関	a	b	説明変数	重相関
通勤	0.3528	-1,174.1	従業者数	0.984	0.7882	-13,594.0	従業者数	0.972
通学	0.1771	1,725.8	人口	0.967	0.1633	4,492.1	人口	0.680
私事	0.4699	10,099.0	従業者数	0.732	0.5574	45,743.0	従業者数	0.680
業務	0.3347	-4,757.3	従業者数	0.966	0.3738	-8,899.7	従業者数	0.951

2）帰宅目的のモデル推定

帰宅発のパーソントリップは、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。つまり、帰宅目的のトリップは、他の目的トリップの「裏返し」として、必ず発生する。したがって、帰宅目的のトリップ発生・集中量は、他の目的トリップと独立に決定されるのではなく、他目的トリップ発生集中量から推計されるべきものである。

（帰宅目的の発生・集中交通量）

$$GH_i = \alpha_{10} Aw_{10} + \alpha_{11} As_{11} + \alpha_{12} Ap_{12} + \alpha_{13} Ab_{13} + \alpha_{14}$$

$$AH_i = \beta_{10} Gw_{10} + \beta_{11} Gs_{11} + \chi_{12} Gp_{12} + \beta_{13} Gb_{13} + \beta_{14} \qquad (5\text{-}2\text{-}2)$$

GH：帰宅トリップ発生量、AH：帰宅トリップ集中量

表　5－9　発生集中予測式（帰宅目的）

集中要因	発生モデル	発生要因	集中モデル
通勤	0.9779	通勤	1.6192
通学	0.8652	通学	1.1649
私事	0.8884	私事	0.3329
業務	-0.4916	業務	-0.2721
切片	3,460.8536	切片	-1,118.0690
重相関	0.9990	重相関	0.9971

（3）分布交通量

分布交通量は以下の二重制約型重力モデルを使用する。

（分布モデル式：二重制約型重力モデル）

$$Q_{ijm} = \frac{\alpha_{im} GA_{im} \beta_{jm} AT_{jm}}{\exp(\lambda_m c_{ij})}$$

$$\alpha_{im} = \frac{1}{\sum_j \beta_{jm} AT_{jm} \exp(\lambda_m c_{ij})} \quad \beta_{jm} = \frac{1}{\sum_i \alpha_{im} GA_{im} \exp(\lambda_m c_{ij})} \qquad (5\text{-}2\text{-}3)$$

Q_{ijm}: ij間のm目的のODトリップ数、GA_{im} : iゾーンからのm目的の発生交通量

AT_{jm}: jゾーンへのm目的の集中交通量、c_{ij}: 地域間交通費用（前期）

α_{im}、β_{jm}: m目的の場合の調整係数、λ_m: m目的のパラメータ

パラメータλは統計的に一意に決定されるものではなく、λを変動させて試行錯誤的に求められる。推計手順は下図のとおりであり、λを設定後、二重制約型の分布モデルを実行し、実測値と相関分析を実施して適合度の高いλを設定する。実際の推計にはλを０～１００まで実行し、相関係数が最も高いλを採用する。

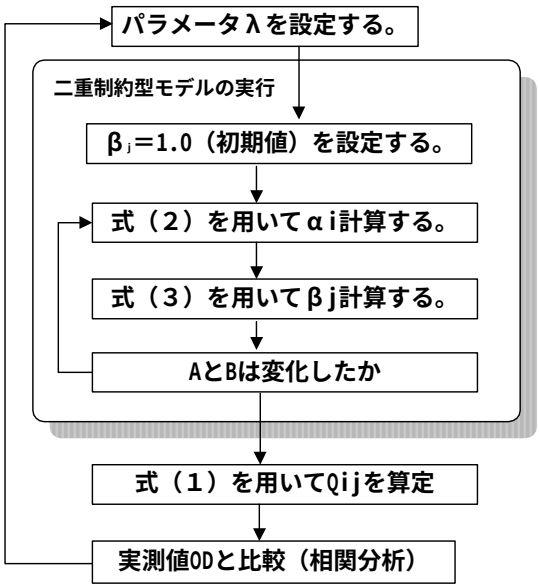


図 ５－２　二重性約型重力モデルの実行とパラメータ推計方法

パラメータの推計結果は以下のとおりである。

表 ５－１０　パラメータの推計結果

目的	パラメータ（λ）	相関係数	重相関係数
通勤	6.5333333	0.919	0.844561
通学	15.3999996	0.958	0.917764
帰宅	10.8000002	0.927	0.859329
私事	23.3333340	0.969	0.938961
業務	10.3333330	0.933	0.870489

推計したパラメータを用いて、距離（所要時間）の増大に応じてトリップ数が減少する距離減衰率について以下に示す。

距離減衰率は、所要時間増大に応じて私事・買物が最も急激な減少率を示しており、通勤が最も緩やかな減少率である。これは通勤目的の場合、現状ではスプロール化等の立地条件、通勤費用負担等によりトリップ長が他目的よりも長くなっていることを表現しているものである。

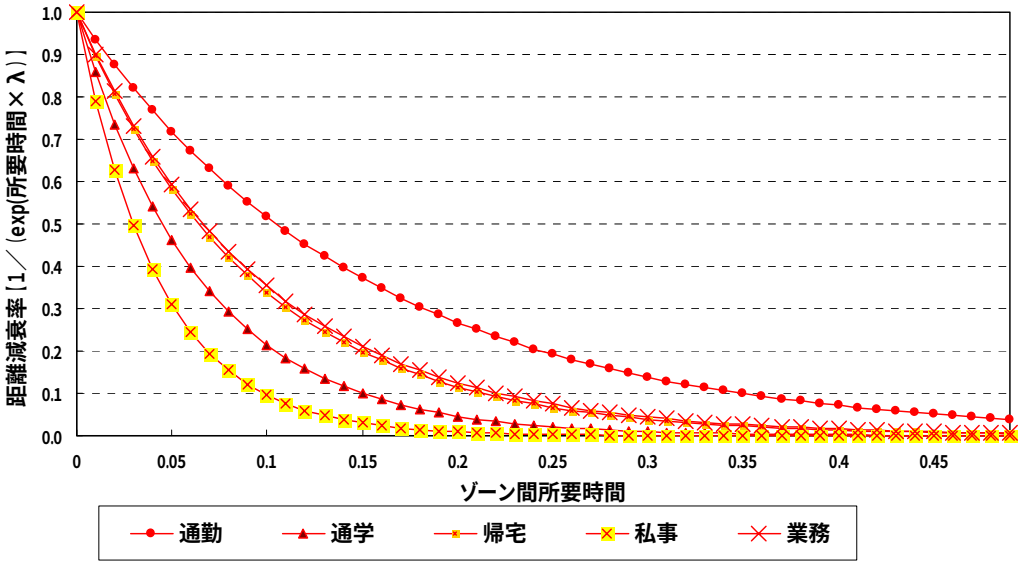


図 ５－３　トリップ数の距離減衰率

（4）交通手段選択モデル

1）ゾーン内々分担、ゾーン間徒歩二輪分担

ゾーン内々分担及びゾーン間の徒歩二輪分担は各年次及びインフラ整備前後で一定とし、以降、同様の値を用いる。

2）ゾーン間乗用分担

乗用車と公共交通機関の分担率には、下式のような集計型ロジットモデルを使用する。

（交通機関分担式：集計型ロジットモデル）

$$PC_{ijm} = \frac{\exp(V_{ijm}^{car})}{\exp(V_{ijm}^{car}) + \exp(V_{ijm}^{mas})}$$

$PM_{ijm} = 1 - PC_{ijm}$、$V_{ijm}^{car} = a_m t_{ij}^{car} + d_m$、$V_{ijm}^{mas} = a_m t_{ij}^{mas} + b_m SE_i + c_m IG_j$

PC_{ijm}: ij間のm目的の自動車分担率（選択確率）　（5-2-4）

PM_{ijm}: ij間のm目的の公共交通機関の分担率（選択確率）

V_{ijm}^{car} : ij間のm目的の自動車利用の効用、V_{ijm}^{mas}: ij間のm目的の公共交通利用の効用

t_{ij}^{car}: ゾーンij間の自動車所要時間、t_{ij}^{mas}: ゾーンij間の公共交通機関所要時間

SE_i: 発ゾーンiの駅密度、IG_j: 着ゾーンjのイグレス距離、a,b,c,d：パラメータ

具体的には、以下のような式変形に基づき、最小二乗法でパラメータを推計する。

$$\frac{PC}{PM} = \frac{\dfrac{\exp(V_{ijm}^{car})}{\exp(V_{ijm}^{car}) + \exp(V_{ijm}^{mas})}}{\dfrac{\exp(V_{ijm}^{mas})}{\exp(V_{ijm}^{car}) + \exp(V_{ijm}^{mas})}} = \frac{\exp(V_{ijm}^{car})}{\exp(V_{ijm}^{mas})} \quad \cdots（5\text{-}2\text{-}5）$$

$$\ln\left(\frac{PC}{PM}\right) = V_{ijm}^{car} - V_{ijm}^{mas} = a_m(t_{ij}^{car} - t_{ij}^{mas}) - b_m SE_i - c_m IG_j + d_m$$

推計結果は以下のとおりである。

表 5－11　乗用分担の推定結果

		通勤		通学		帰宅		私事		業務	
		パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値
d	定数項	-1.54838	-43.9662	-2.58141	-30.1988	-0.51927	-21.7034	-1.5043	-15.6593	-0.15637	-3.86423
a	時間	-1.64998	-25.8705	-1.51629	-9.18518	-1.60292	-28.6869	-1.65834	-10.8668	-1.12399	-12.7699
b	駅密度	0.17141	5.96319	－	－	0.56096	47.22324	0.30872	10.34961	0.29446	17.18451
c	イグレス	-0.82006	-27.5974	-0.94895	-8.76203	-0.02596	-2.54665	-2.1274	-17.8179	-0.87103	-19.6936
相関係数		0.50520		0.41837		0.64037		0.59567		0.49281	

パラメータの推計結果は、データの構造上、必ずしも現状を正確に表現はできていない。そこで、以下のように定数項修正を導入する。

$$PC_{ijm} = \frac{\exp(V_{ijm}^{car})}{\exp(V_{ijm}^{car}) + \exp(V_{ijm}^{mas} + CP_{ijm})}$$

$$CP_{ijm} = \ln\left(\frac{1 - PC_{ijm}}{PC_{ijm}}\right) + V_{ijm}^{mas} - V_{ijm}^{car} \quad \cdots（5\text{-}2\text{-}6）$$

CP：定数項修正、PC：現状の乗用分担率（マストラと自動車）

６．モデル実行

６．モデルの実行

６－１ シナリオの設定（戦略の設定）

（１）実行ケース

本調査では以下の３つのシナリオ（戦略）を検討する。ケースの設定に関しては以下の視点で設定している。

- 施策を何も講じない場合の BAU[31]を設定しており、現在、計画されている交通基盤整備計画を実施した場合の効果を計測するために「現状計画」ケースを設定している。
- さらに、みなとみらい 21、幕張新都心、臨海副都心、さいたま新都心、立川基地跡地の現在計画進行中の拠点開発の効果を計測するために「都市施策」ケースを設定した。

表 ６－１　設定シナリオ

NO	検討ケース	内容
1	現状維持（BAU）	①鉄道整備無し、②道路整備無し、③都市構造はトレンドで推移　（注 1）
2	現状計画	①鉄道標準整備（注 2）、②道路標準整備（注 3）、③都市構造はトレンドで推移
3	都市施策	①鉄道標準整備、②道路標準整備、③都市施策の展開　（注 4）

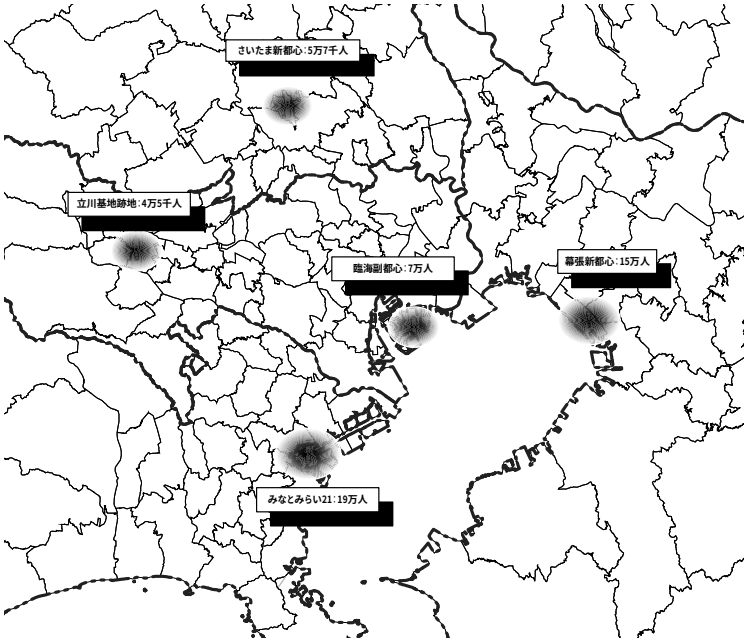
注１）都市構造がトレンドとは、都市施策を講じない場合であり、現状のまま推移した場合のことである。
注２）運輸政策審議会 18 号答申で示された A1、A2 路線が整備された場合を想定。
注３）3 環状 9 放射、第二湾岸道路等が供用された場合を想定。
注４）「都市施策の展開」とは臨海副都心、みなとみらい 21、幕張新都心、さいたま新都心、立川基地跡地の大規模開発により、計画どおりに従業者が増加した場合を想定。

（２）対象年次

中長期的な施策の効果を検討するため、2030 年を対象年次とする。

（３）都市施策：大規模拠点開発

- 都市施策は下表の都市に計画されている「計画従業者数」が定着した場合を想定し、SIMP モデルは下表の値を基礎的産業従業者数（商業地使用）に加算してモデルを実行する。



出所：各都県資料より作成

図 ６－１ 各拠点の整備構想

[31] BAU：“Business　as　Usual”の略。新たな施策を講じないまま推移した場合を意味する。

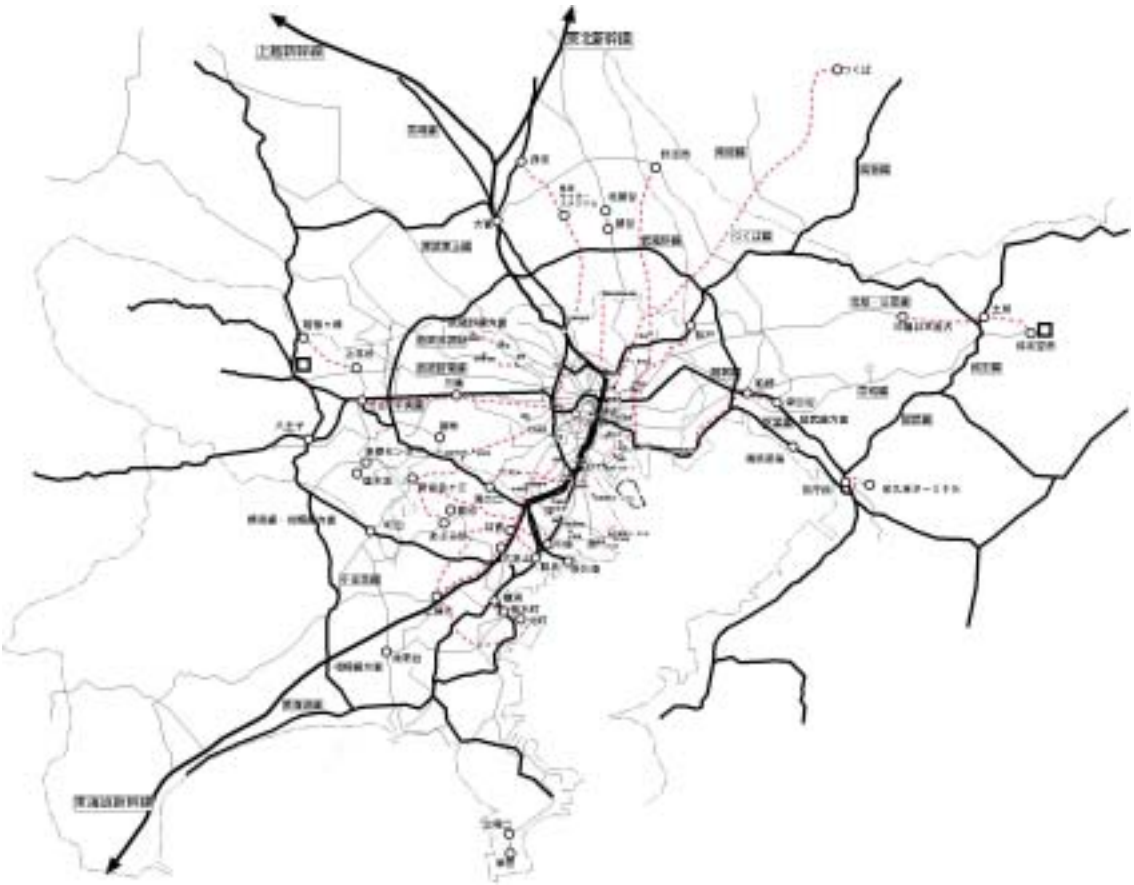
（4）道路整備

- 高速道路等の自動車専用道路の将来整備状況を下図のように設定した。基本的には「道路整備の長期構想（道路局）」に基づいているが、道路整備の進捗は不確実性も多く、本モデルでは2030 年までに３環状９放射の完成、第２湾岸道路の整備としている。
- また、一般道に関しては、都市計画道路の整備進捗を考慮し、本モデルで影響のあると考えられる４車線以上の道路を対象としている。

図 ６－２　自動車専用道路ネットワークの設定

（5）鉄道整備

- 鉄道の整備に関しては「運輸政策審議会 18 号答申」の A1,A2 路線を設定している。A1、A2 路線とは以下の整備路線のことである。下表には各整備路線のモデルへの入力年次を示している。
- A1 路線とは、現時点において既に整備に着手している路線及び鉄道整備に係る条件が概ね整っており、2015 年までに開業することが適当である路線
- A2 路線とは、整備手段の見通し等の鉄道整備に係る熟度、投資能力等の面で解決すべき基本的な課題があり、現時点で開業時期は特定できないが、少なくとも 2015 年までに整備着手することが適当である路線



出所：運輸政策審議会 18 号答申より作成

図 6－3　運輸政策審議会 18 号答申図

６－２ 土地利用モデルの整合性の確認

１）人口、従業者数の分布の検証

■ SIMP モデルのパフォーマンスの評価を以下の平均平方誤差（RMSE）、平均平方誤差率（RMSE 率）で示す。1995 年（現況）では RMSE 率は人口が約 3.5%、従業者数は 4.3%である。さらに、2000 年の人口分布について実測値と推計値を比較では RMSE 率が 4.2%となっており、比較的良好な結果である。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(X_i - \hat{X}_i)^2} \qquad RMSE率 = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{X_i - \hat{X}_i}{X_i}\right)^2}$$

表 ６－２ 1995 年のモデルパフォーマンス

	1995 年		2000 年
	人口	従業者数	人口
平均平方誤差(RMSE)	3,061	1,564	6,666
平均平方誤差率(RMSE 率)	3.555%	4.334%	4.224%

２）世帯の都心回帰の検証

■ 都心部の人口を見ると、1995、2000 年ともに誤差率が 1%以下であり、2000 年の増加率もほぼ同値であり、本モデルでは最近の世帯の都心回帰現象を表現している。

表 ６－３ 都心 11 区[32]の人口の推計値と実測値の比較

	1995 年（①）	2000 年（②）	変化率（②／①）
実測値（人）	1,853,451	1,907,889	2.94%
推計値（人）	1,867,628	1,921,425	2.88%
誤差率	0.76%	0.71%	

３）交通基盤整備の人口分布への影響の検証

■ 交通基盤整備による影響を分析するために、1990～1995 年に開業した鉄道が影響を及ぼしたと考えられる地域の推計人口を実測値と比較した。

■ その結果、横浜市都筑区（港北ニュータウン）、幕張新都心（千葉市美浜区）、白井町（千葉ニュータウン）等は誤差率が 2%以下であり、良好な結果と言える。これらより、本モデルを使用することにより、交通基盤整備が土地利用（人口分布等）へ与える影響を考慮した分析が可能となった。

表 ６－４ 鉄道開業による人口分布への影響の検証

市区町村名	実測値			推計値			1990～1995 年に開業した路線
	1995 年 ①	2000 年 ②	増加率（②/①）	1995 年	2000 年 ③	2000 年 誤差率（②③の比較）	
横浜市都筑区	116,776	155,116	32.8%	116,663	152,895	1.43%	横浜市営地下鉄
千葉市美浜区	128,732	135,509	5.3%	127,953	134,955	0.41%	京葉線（東京～西船橋）
千葉市緑区	82,780	101,828	23.0%	82,346	94,781	6.92%	京葉線（東京～西船橋、千葉みなと～蘇我）
千葉市若葉区	149,263	151,353	1.4%	149,800	152,780	-0.94%	千葉都市モノレール
白井町	47,450	50,430	6.3%	47,625	51,236	-1.60%	北総開発鉄道（新鎌ヶ谷～京成高砂）
戸田市	97,571	108,092	10.8%	97,419	103,769	4.00%	埼京線（池袋～新宿）

[32]都心 11 区とは首都高中央環状線の内側の区であり、以下の区が含まれる。千代田、中央、港、新宿、文京、台東、墨田、江東、豊島、荒川、渋谷

６－３ 土地利用結果

（１）都心部への集積

１）人口

- 都心 11 区[33]の人口の推移をみると、ケース毎に大きな傾向の差は見られず、2000 年をピークに減少傾向である。2000 年時点では都市圏全体の増加率よりも大きな増加率であり、その後は都市圏全体と比較して減少傾向となるため、最近の都心回帰現象は 2000 年までの一時的な現象と言える。
- 交通基盤の現状整備計画の場合、BAU と比較して 2005 年～2010 年までは多いが、2015 年以降は少なくなる。これは、最近の東京６号線（三田線）、東京７号線（南北線）、東京 12 号線（大江戸線）、ゆりかもめ、臨海高速等の都心部の鉄軌道の整備の影響である。
- 都市施策を講じた場合、企業の分散により、2005 年のみ BAU よりも多くなり、2030 年では現状整備計画と組み合わせた場合が最も人口が減少する。

表 ６－５ ケース別の都心 11 区人口の推移（万人）

	1995 年	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年	2020 年	2025 年	2030 年
BAU	186.8	192.1	191.8	190.5	187.5	182.5	175.8	168.1
現状計画	186.8	192.1	192.2	190.6	187.2	181.6	174.8	167.3
現状計画＋都市施策	186.8	191.9	191.9	190.0	186.3	180.6	173.9	166.8

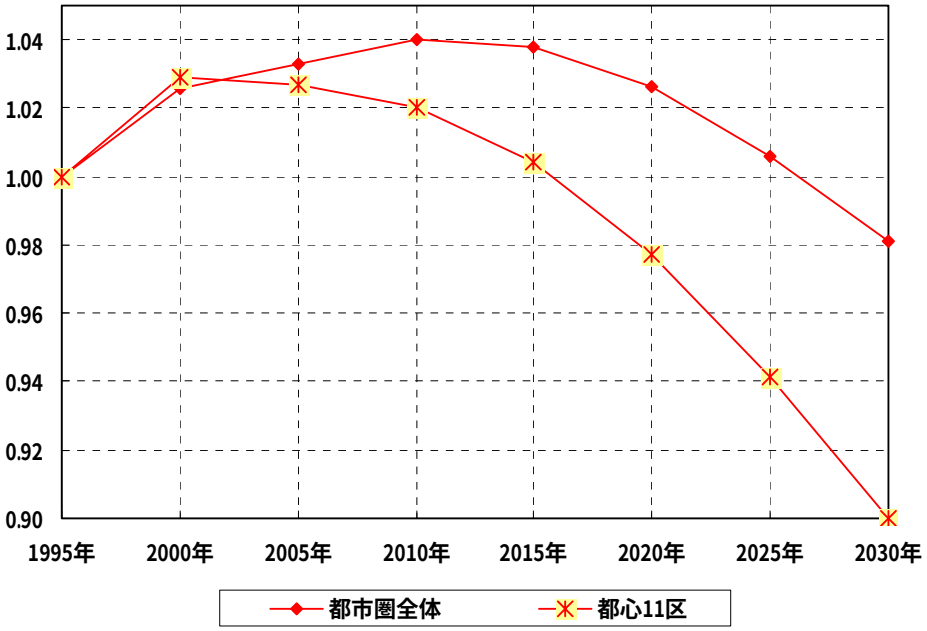


図 ６－４ 都心 11 区の人口変化率

[33]都心 11 区とは首都高中央環状線の内側の区であり、以下の区が含まれる。千代田、中央、港、新宿、文京、台東、墨田、江東、豊島、荒川

2）従業者数

- 都心 11 区の従業者数の推移をみると、人口と比較して、交通基盤の整備の影響が大きいく、全体的に都心部への集積が強まる。これは産業構造の転換（工業化→サービス産業化）の進展により、輸送費を重視するサービス産業の増加が最も大きく影響しているためである。
- 特に、BAU では 2030 年には 1995 年比で 37%（約 150 万人）増加する。
- 交通基盤を現状計画で整備した場合、企業が分散し、2030 年には 1995 年比で 31%（約 130 万人）増加し、交通基盤整備が企業の分散化を促進している。
- 交通基盤整備に都市施策を組み合わせた場合、2030 年には 1995 年比で 20%（約 85 万人）増加する。

表 6－6　都心 11 区の従業者数の推移（万人）

	1995 年	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年	2020 年	2025 年	2030 年
BAU	413.4	438.6	457.2	477.2	499.0	521.4	544.3	567.3
現状計画	413.4	438.6	451.2	470.3	488.3	508.9	528.2	541.6
現状計画＋都市施策	413.4	433.4	440.2	450.9	458.4	474.8	489.8	497.9

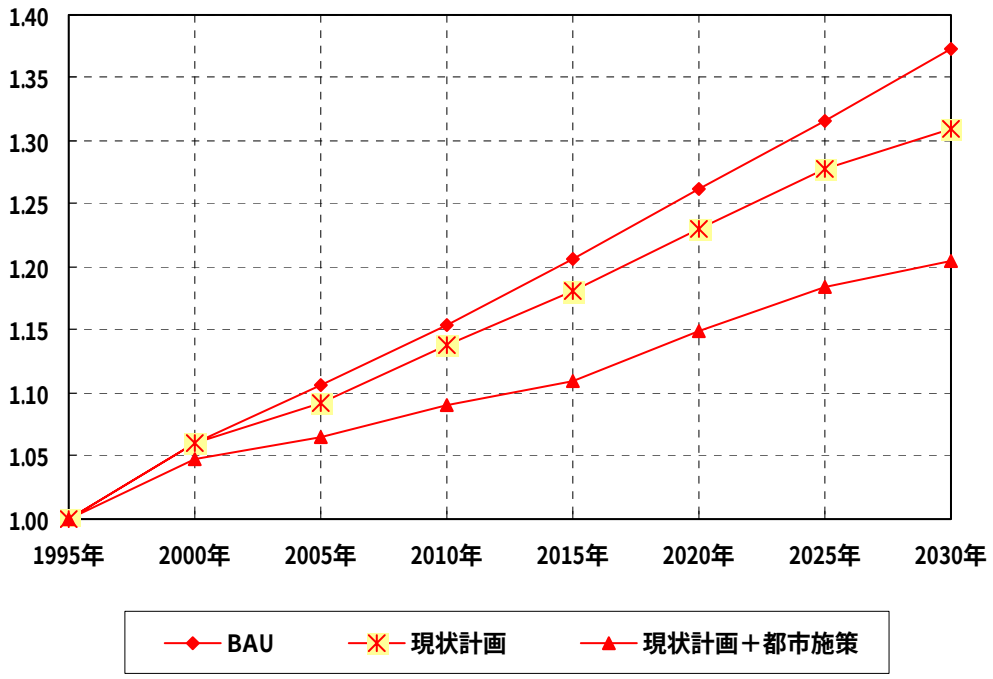


図 6－5　都心 11 区の従業者数変化率

（２）従業者分布（2030 年）

１）現在（1995 年）の従業者分布

- 現状での従業者の分布は都心部に高度な集積となっており、郊外部との格差は激しくなっている。これは空間経済でいうところの『集積力』が働いているためである。
- 東京 23 区以外で従業者数が 20 万人以上のゾーンは八王子市、相模原市、旧大宮市、横浜市中区である。

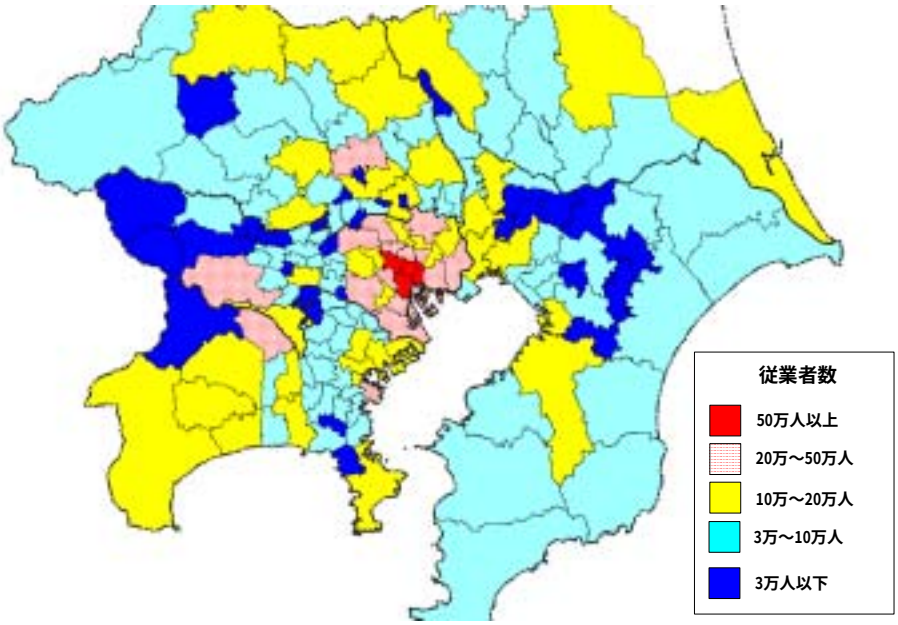
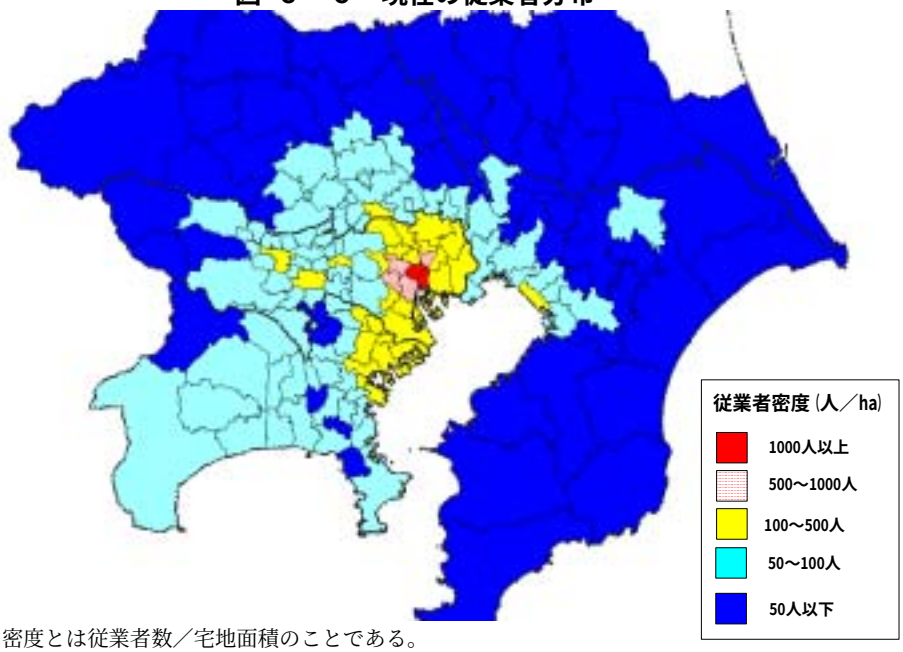


図　６－６　現在の従業者分布



注）この場合の密度とは従業者数／宅地面積のことである。

図　６－７　現在の従業者密度

2）従業者数変化（2030 年との比較）

- 従業者（企業）立地は、全ケースにおいて、都心の高度集積が進展する。これは各地域において基礎的産業従業者数が減少し、サービス産業従業者数が全体で 112 万人増加し、設備、土地等に依存しないサービス産業が「多様性」と「収穫逓増」を求めて立地するためである。
- この傾向は近年の IT 産業の立地分布と同様であり、従業者が都心に集中し、地価が高騰し、次第に世帯が郊外へ追い出されていく。
- 現状計画整備ケースの場合、都心部以外にはアクアライン、圏央道が通過する房総地域、常磐新線の通過するつくば市等で増加し、交通基盤整備が企業分布を分散させる効果がある。
- 都市施策を講じた場合には、５拠点のゾーンで増加するが、周辺部には大きな影響はない。

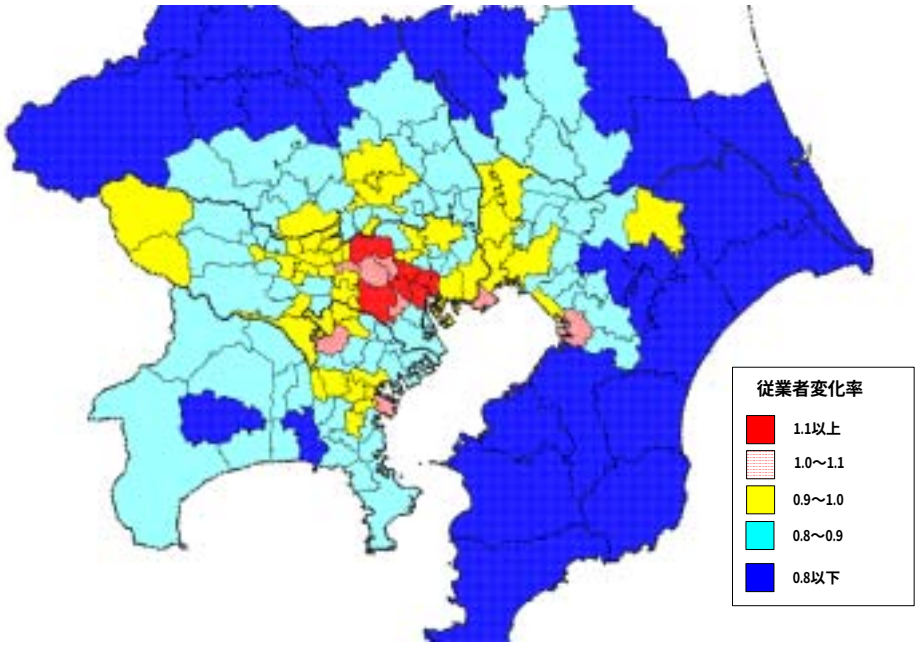
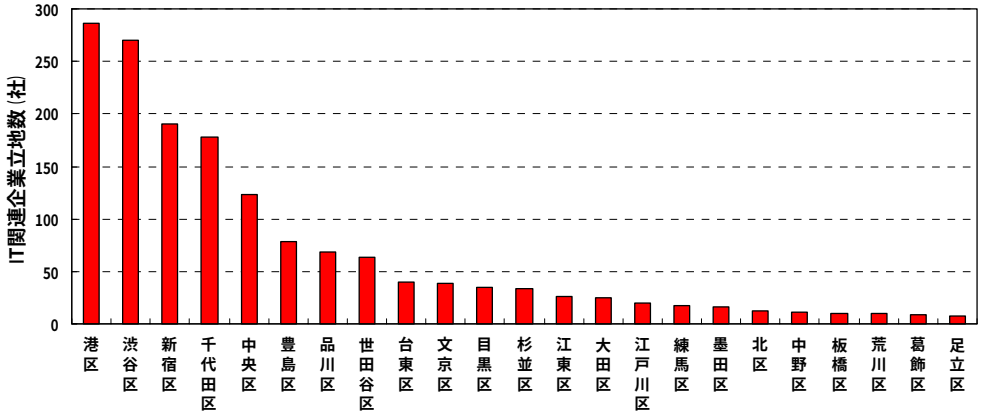


図 ６－８　従業者数変化（BAU（2030 年）／1995 年）



出所：価値総合研究所集計

参考：IT 関連企業の立地分布

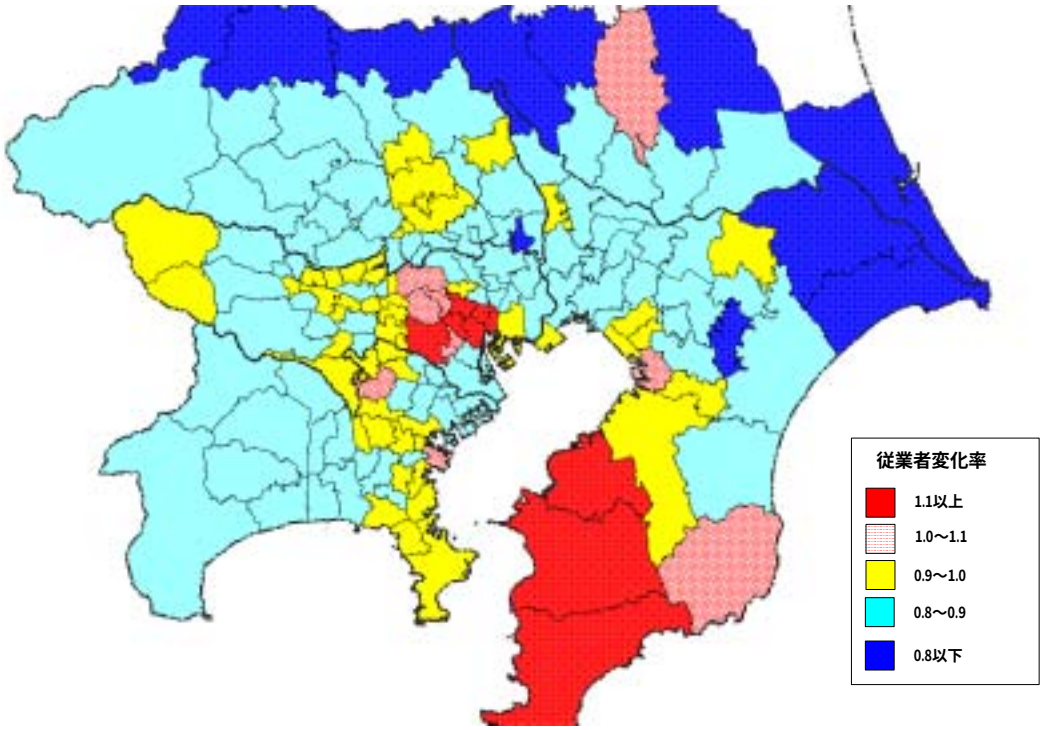


図　６－９　従業者数変化（現状計画（2030 年）／1995 年）

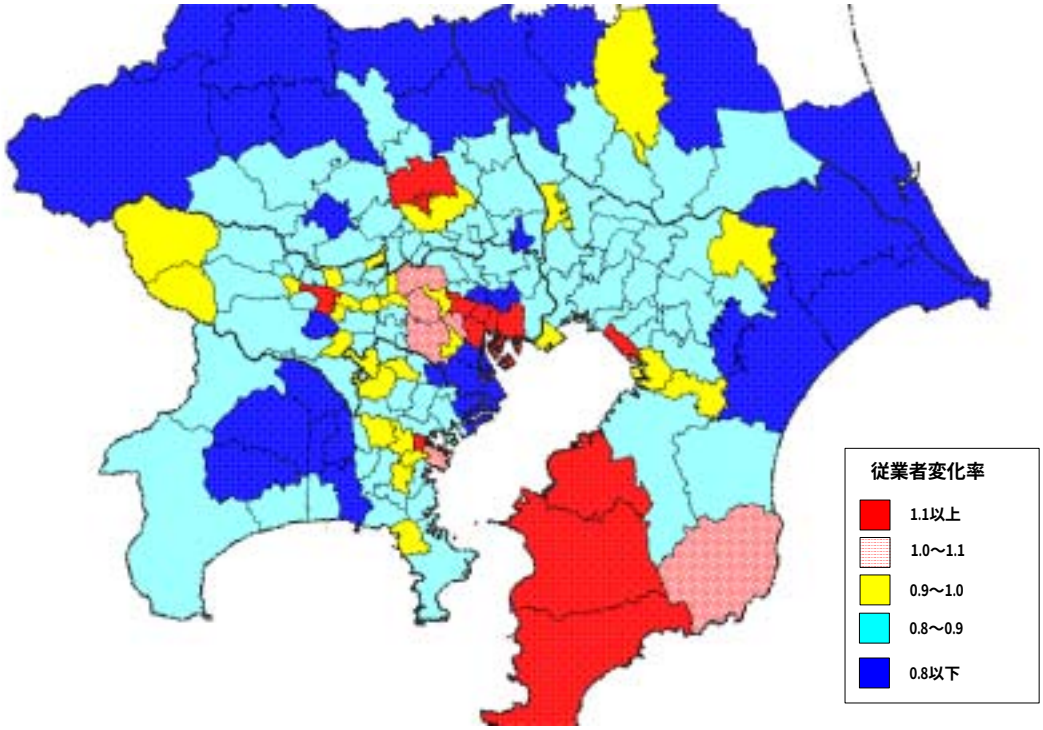


図　６－１０　従業者数変化（都市施策（2030 年）／1995 年）

（３）人口分布（2030 年）

１）現在（1995 年）の人口分布状況

■ 居住分布は現在、企業の分布と比較すると都心周辺に分散しており、企業が高度集積している都心部周辺に多く居住している。

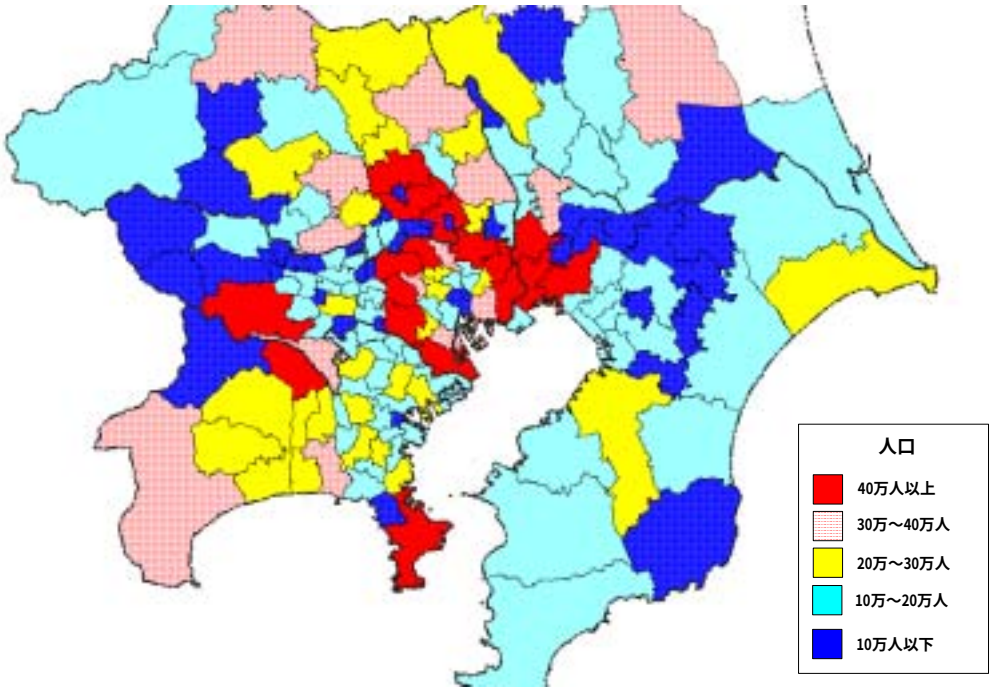


図 ６－１１　現在の人口分布

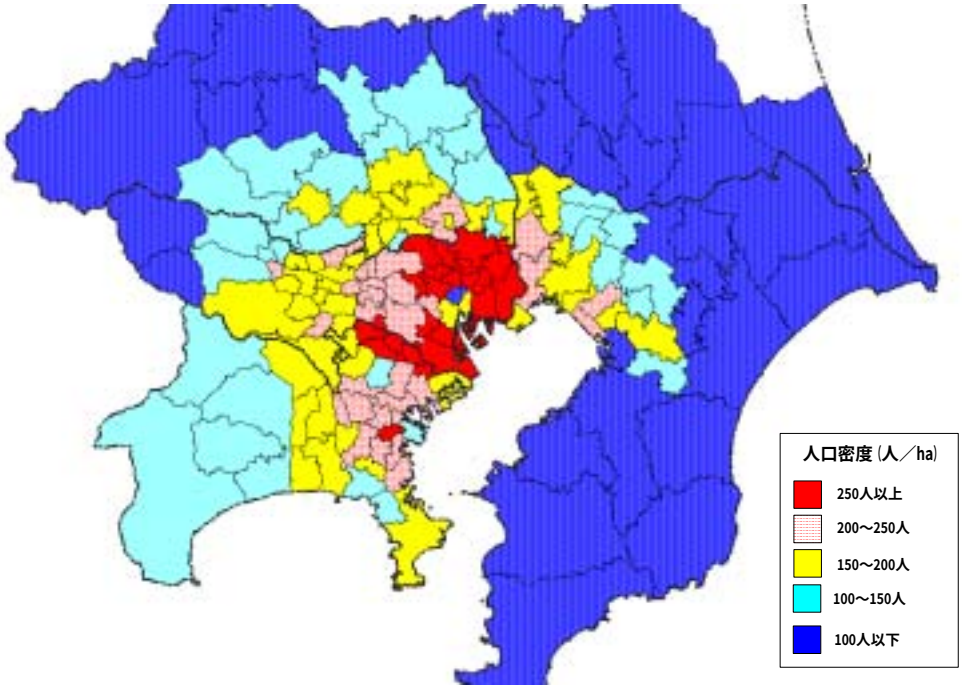


図 ６－１２　現在の人口密度分布

２）人口変化（2030 年との比較）

- 人口は都市圏全体で約６４万人、約 1.9%減少する。
- 全ケースにおいて都心部の人口が減少し、郊外部が増加する傾向であるが、交通基盤整備及び都市施策の展開により郊外部の増減が異なる。
- 現状計画ケースでは新規鉄道が整備される北総開発、常磐新線、埼玉高速鉄道、横浜環状、多摩都市モノレール沿線で 4､000 人以上の増加である。また、房総地域、埼玉北部でも増加しているが、これはアクアライン、圏央道等の高規格な道路の整備により、企業立地が進み、それに伴い世帯が移動してきたものである。
- 交通基盤を整備した場合、整備無し（BAU）と比較して、ゾーン間で増減率が激しくなり、都市の盛衰が明確になってくる。

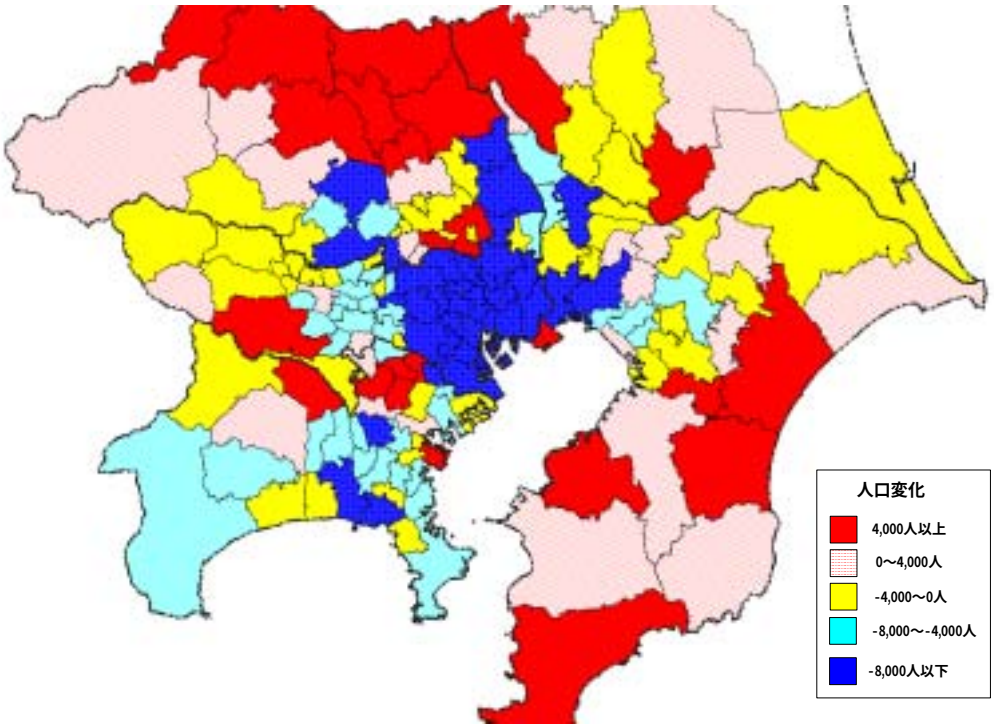


図 ６－１３　人口変化（BAU（2030 年）－1995 年）

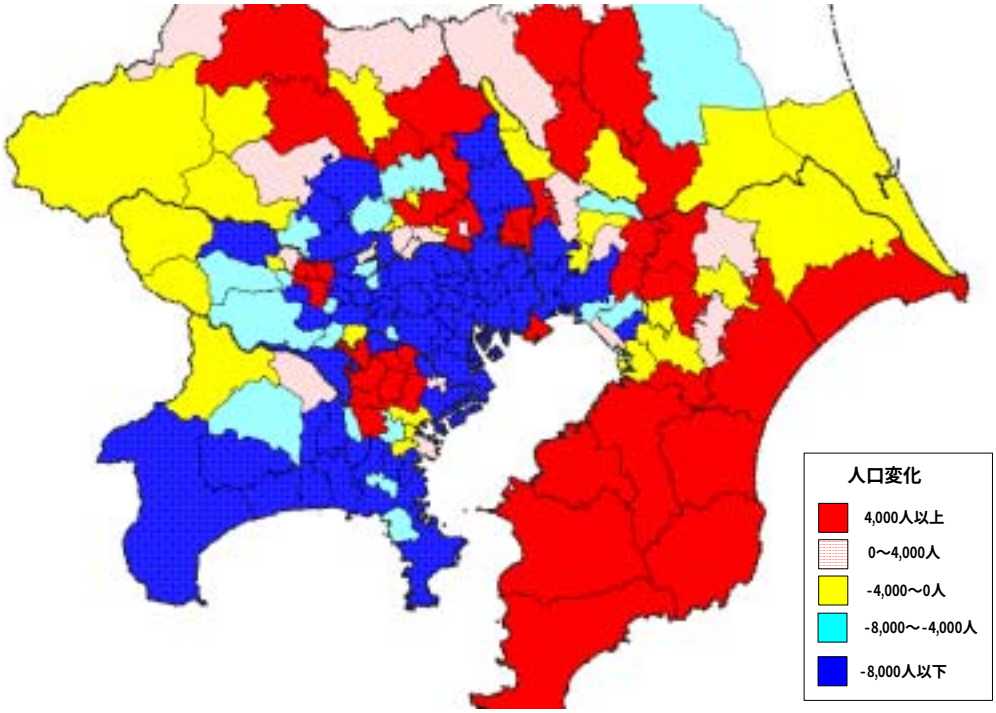


図　６－１４　人口変化（現状計画整備（2030 年）－1995 年）

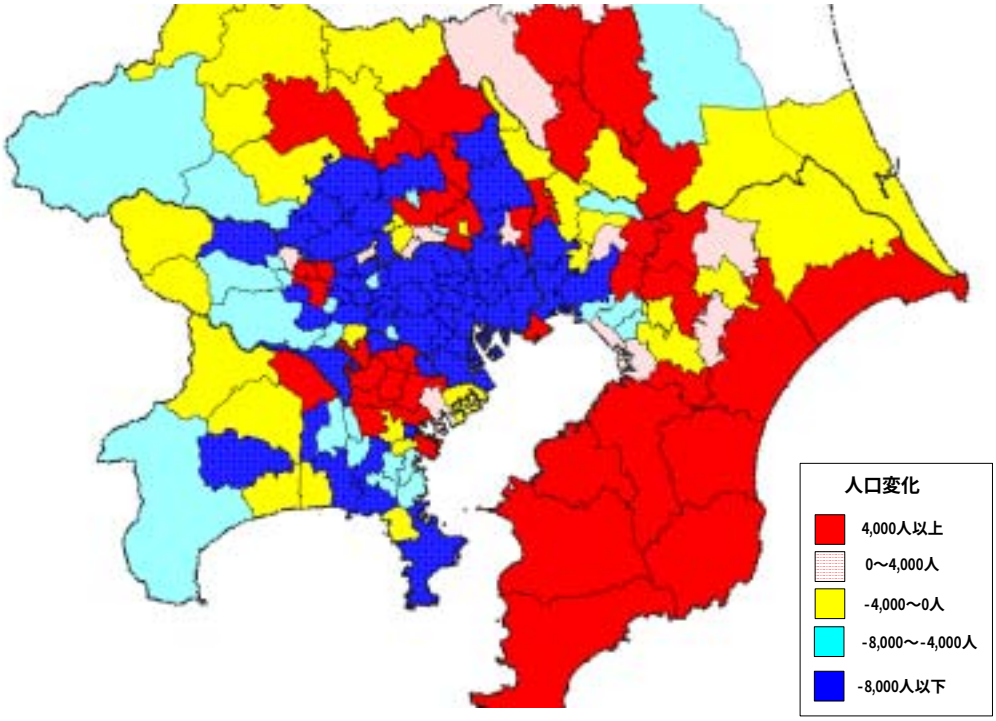


図　６－１５　人口変化（都市施策有り（2030 年）－1995 年）

（4） その他土地利用

1）平均世帯人員

- 現状の平均世帯人員は郊外部では 3.2 人以上であるが、将来は大幅に減少する。特に、都心西部、横浜・川崎で大幅に減少する。
- 交通基盤を整備した場合、2.0 人以下の地域が減少し、全体的に平準化されていく。これは企業の都心部高度集積、世帯の分散により、世帯の占有面積が高くなるからである。
- 都市施策を講じた場合、現状計画ケースと比較して、人口が分散することから、より占有面積が高くなり、平均世帯人員が平準化される。

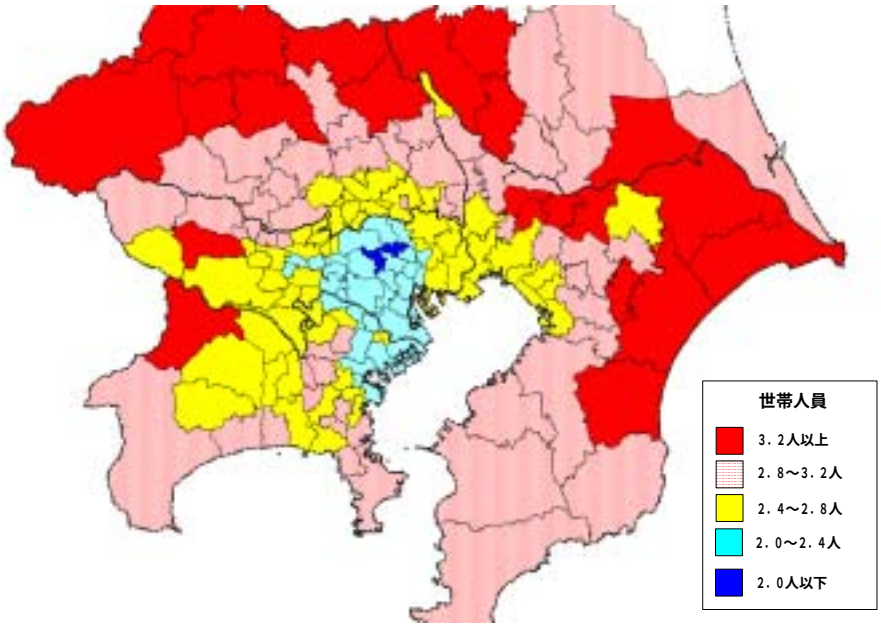


図 ６－１６　1995 年の世帯人員

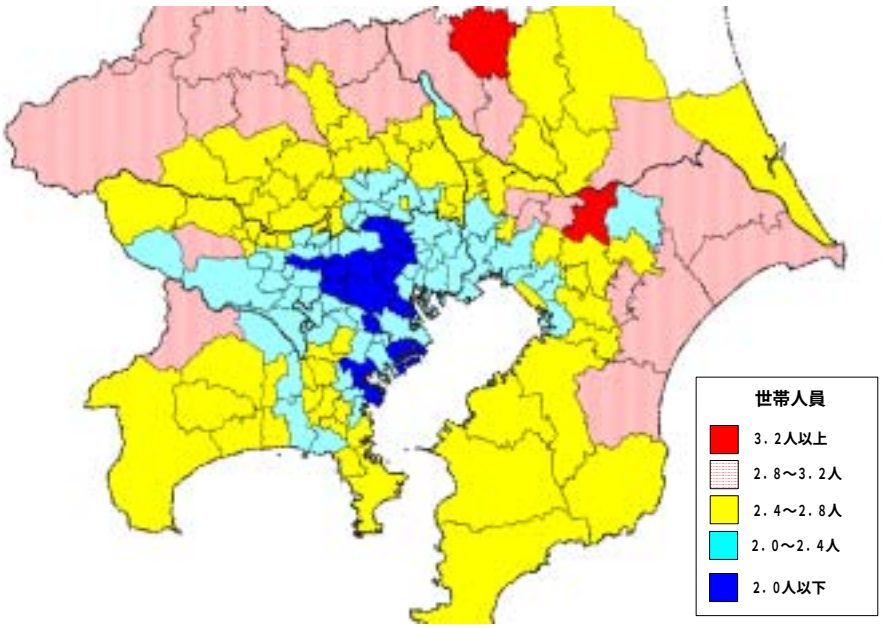


図 ６－１７　2030 年 BAU の世帯人員

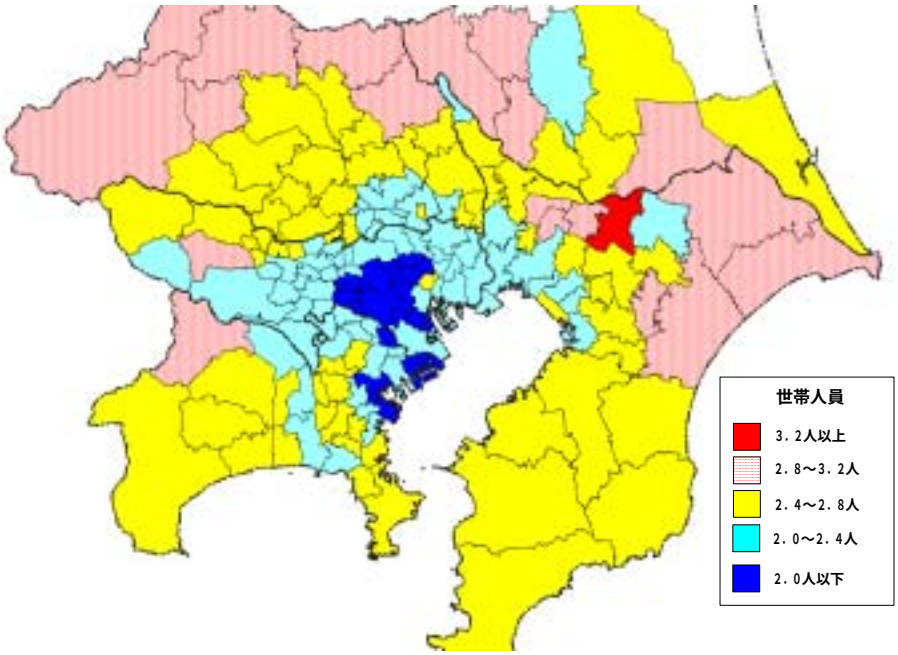


図　６－１８　2030 年現状計画整備の場合の世帯人員

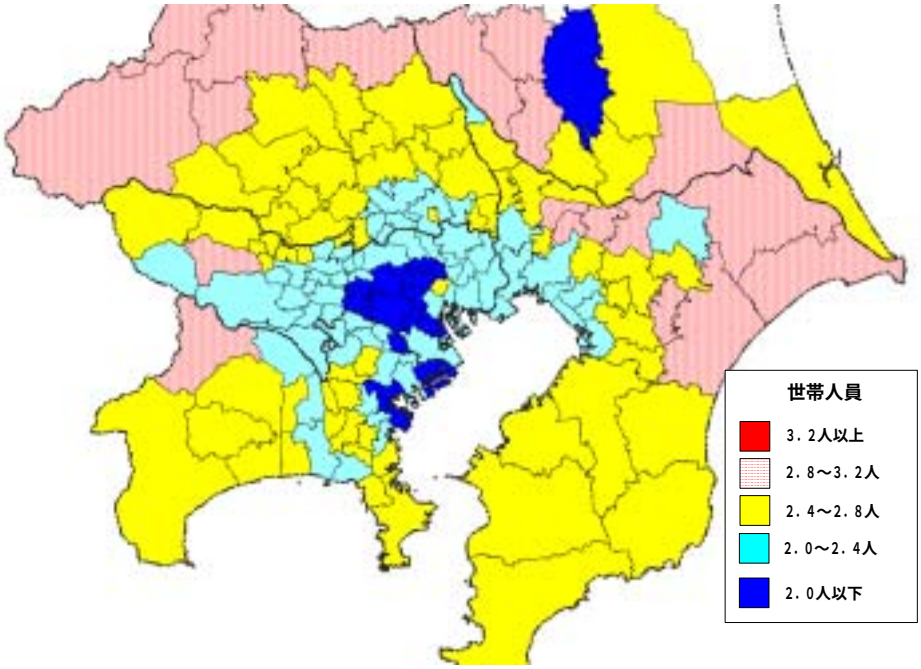


図　６－１９　2030 年都市施策の場合の世帯人員

2）世帯数

- 現状の世帯分布は西高東低であり、千葉県東部、南部の世帯はかなり少ない状況である。
- 世帯数の変化は、人口の変化と比較すると大きくなる。これは人口が大幅に増加する地域では地価が大幅に上昇し、世帯の土地占有面積が減少し、世帯人員を減少させ、世帯数が人口増よりも増加するためである。
- 世帯数の変化は BAU の場合、現状の分布に合わせて増加するが、交通基盤を整備した場合、都心部の世帯数が減少し、交通基盤整備が行われる地域の世帯数が増加する。都市施策を講じた場合は都心部の世帯数がより減少し、周辺部の世帯数が増加する。

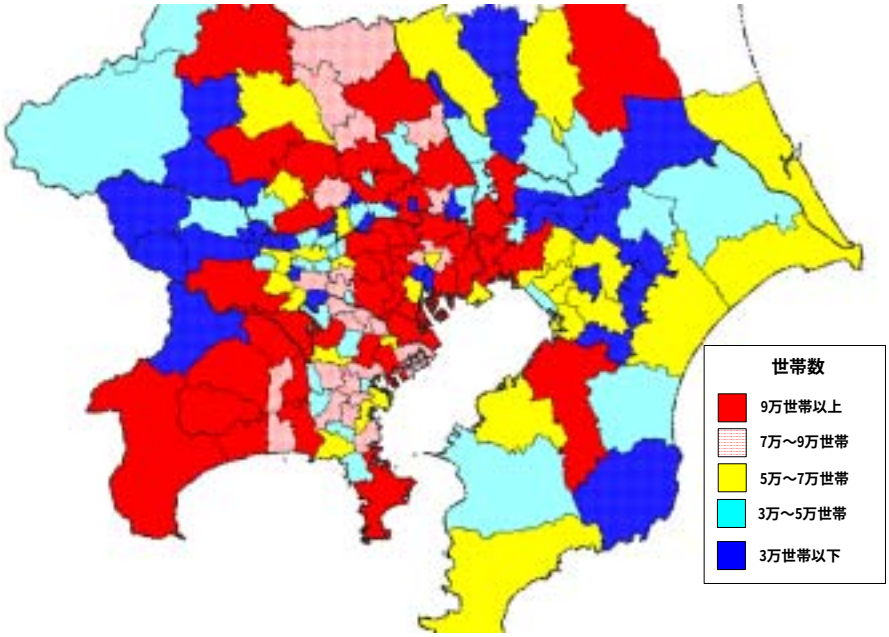


図 ６－２０　1995 年の世帯分布

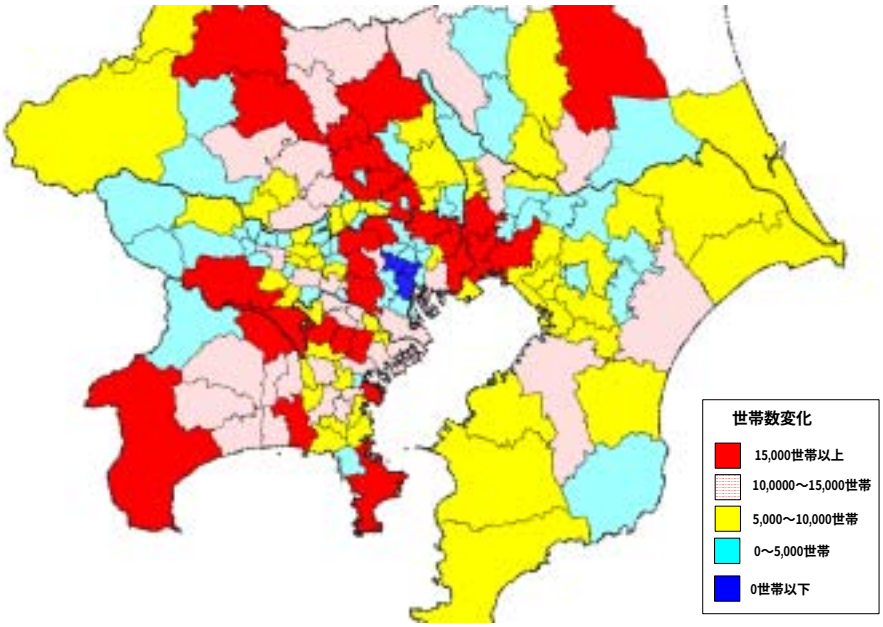


図 ６－２１　世帯数の変化（2030 年 BAU－1995 年）

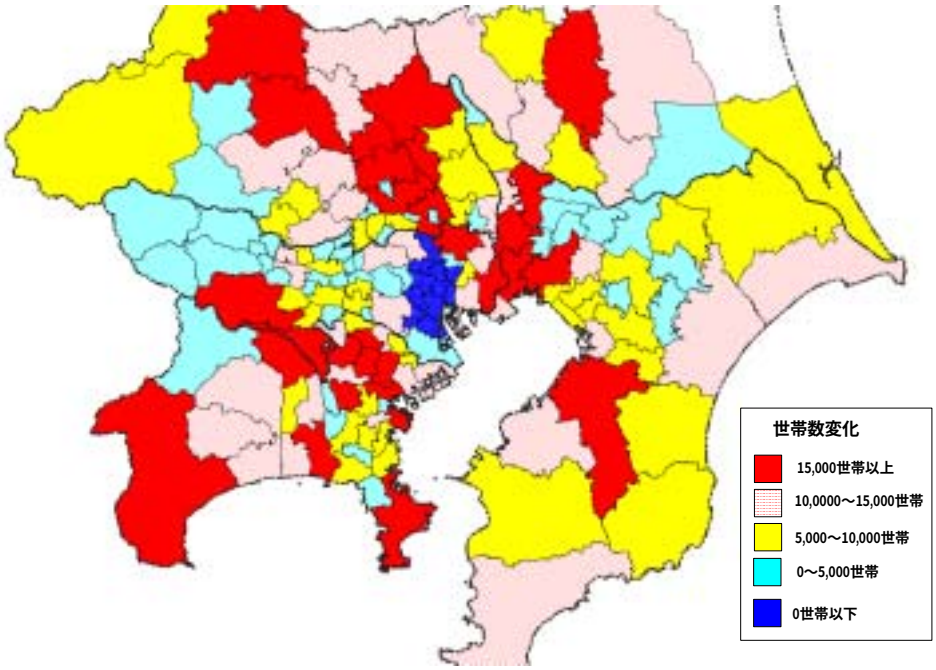


図　６－２２　世帯数の変化（2030 年現状計画整備－1995 年）

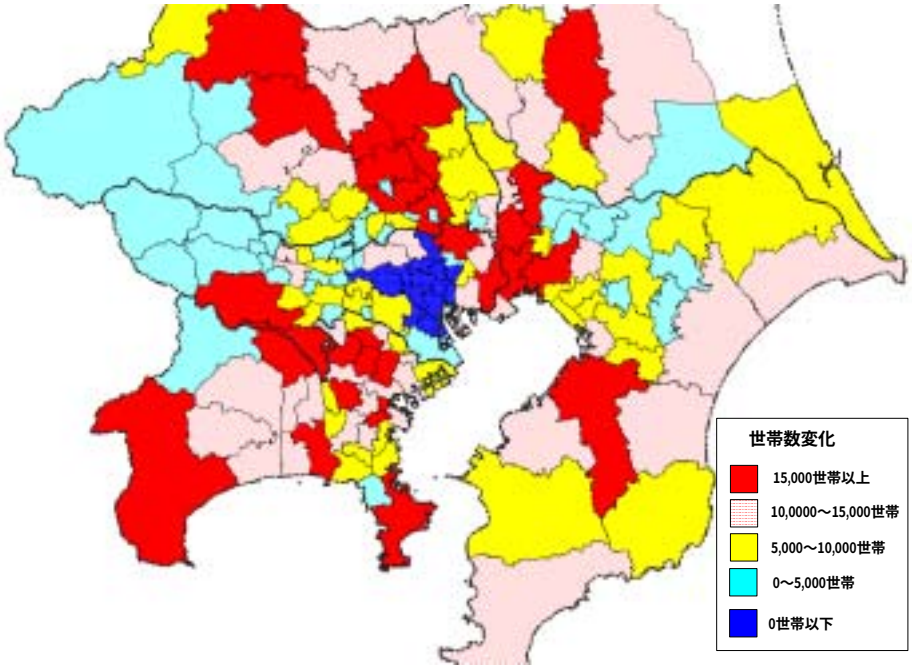


図　６－２３　世帯数の変化（2030 年都市施策－1995 年）

（5）戸建て住宅割合

- 都市圏全体の戸建て住宅割合の推移は以下のとおりである。
- 2030 年には全ケースで戸建て住宅割合が増加する。これは企業の都心部への高集積、人口の分散により、１人当たりの土地需要が増加するためである。
- 交通基盤整備を行った場合、この傾向はより進む。これは交通基盤整備によって、遠方通勤等の長距離トリップが可能となり、より広い土地の取得が可能となる。
- 都市施策を講じた場合、この傾向が顕著になる。つまり、各拠点の整備により、業務地が分散し、より郊外部の居住が進み、広い土地の取得が可能となる。
- その結果、BAU では現状と比較して 80 万戸増加し、交通基盤を整備した場合、BAU と比較して 6.6 万戸、都市施策では 7.1 万戸増加し、住宅に関する多様なニーズに対応することが可能となり、居住地の選択性が広がっていく。

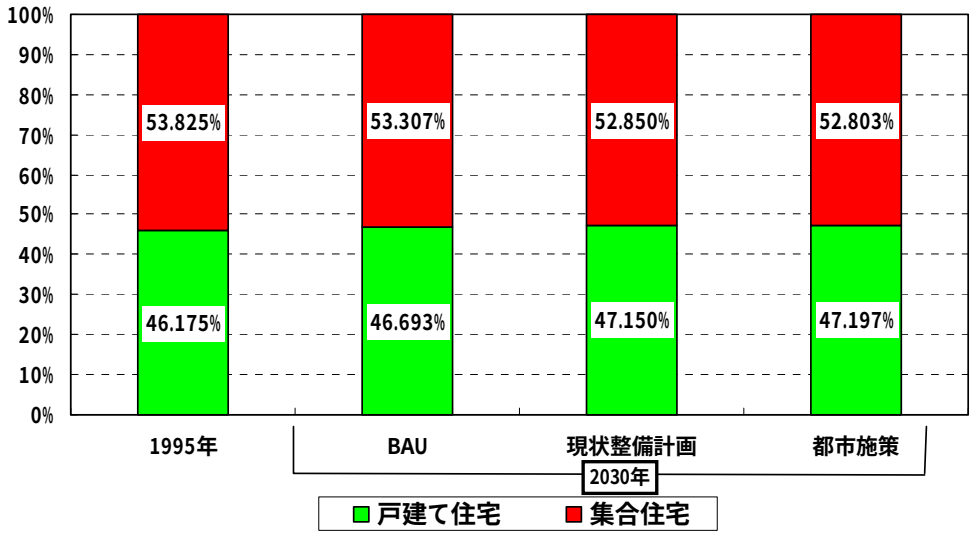


図 ６－２４　都市圏全体の住宅の建て方割合

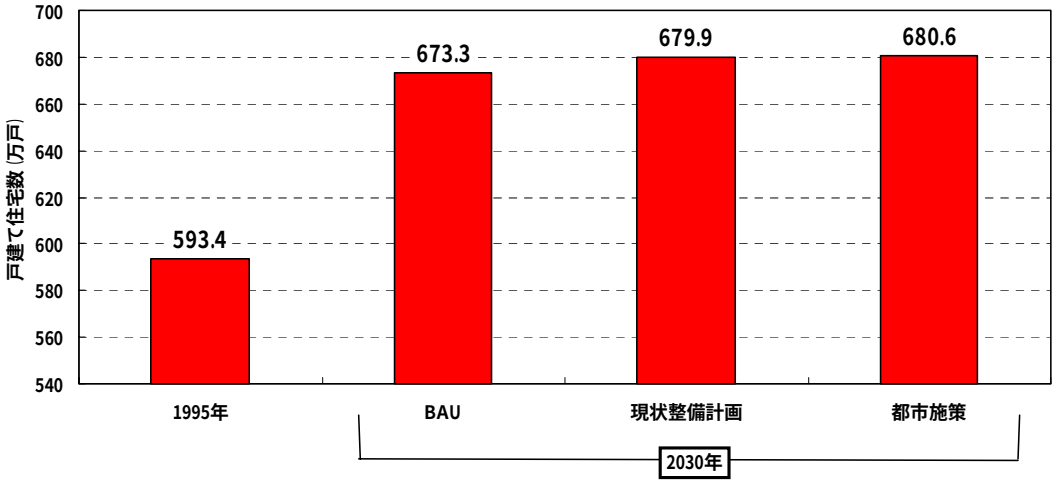


図 ６－２５　戸建て住宅数の変化

（６）地価

１）住宅地

- 住宅地価は世帯が立地選択する際の選択要因であり、かつ、世帯需要と宅地供給の均衡状態として決定される値である。
- 結果をみると、1995 年では 45（万円／㎡）以上のゾーンは都心部を中心としたゾーンであるが、2030 年には東京西部、横浜・川崎周辺まで広がる。現状計画により交通基盤を整備すると、つくば、流山等の常磐新線沿線に地価が上昇している。都市施策を講じた場合は、世帯の分散と同様に高地価ゾーンが分散していく。

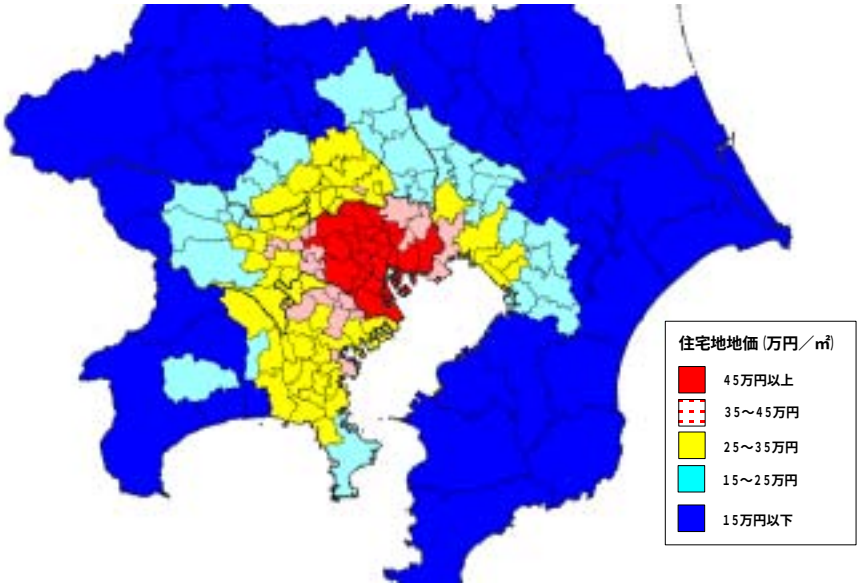


図　６－２６　1995 年の住宅地価分布

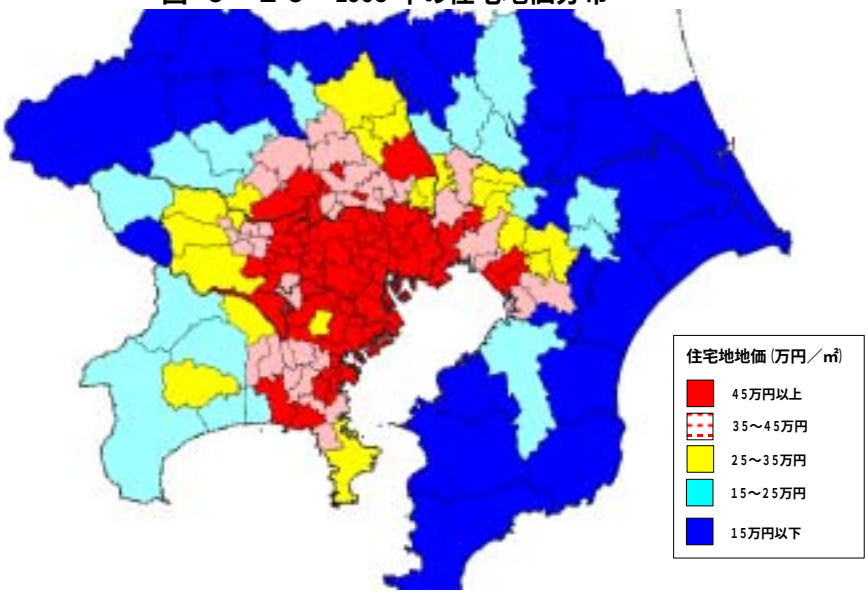


図　６－２７　2030 年 BAU の住宅地価分布

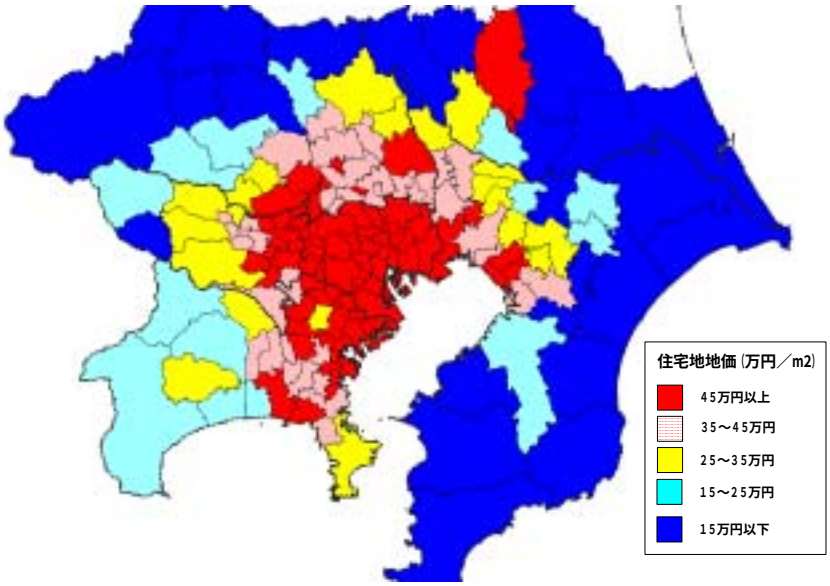


図　６－２８　2030 年現状計画での住宅地価分布

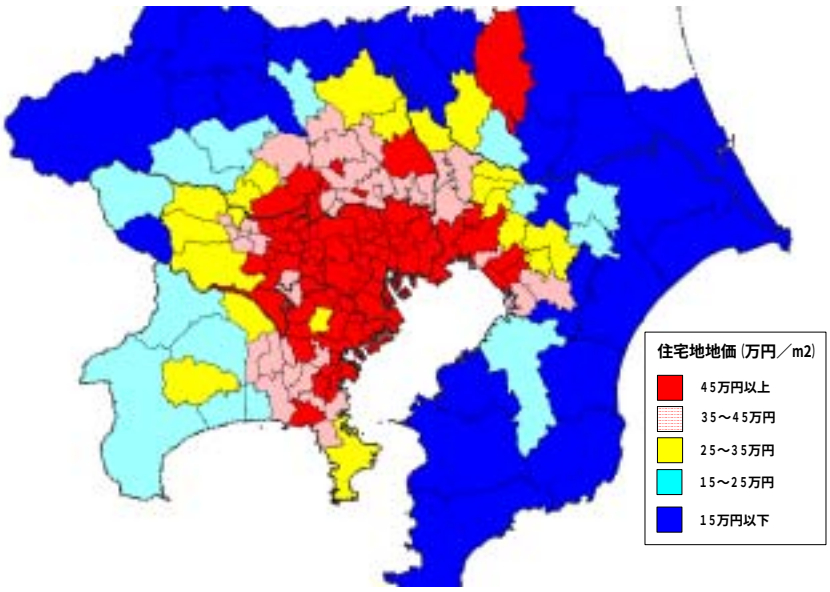


図　６－２９　2030 年の都市施策での住宅地価分布

2）業務地

- 商業地価は、企業が立地選択をする際の選択要因であり、かつ、企業の立地需要と宅地供給の均衡状態として決定される値である。
- 結果をみると、基本的に大きな分布構造は変化しない。特に、企業立地は都心部に高集積していることから、都心部と郊外部の格差が広がっている。

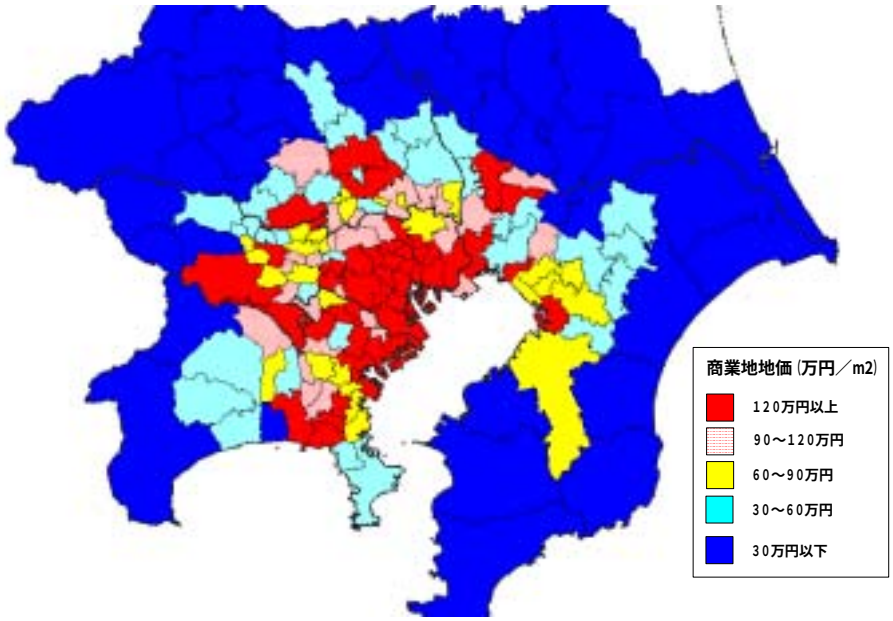


図　６－３０　1995 年の商業地価分布

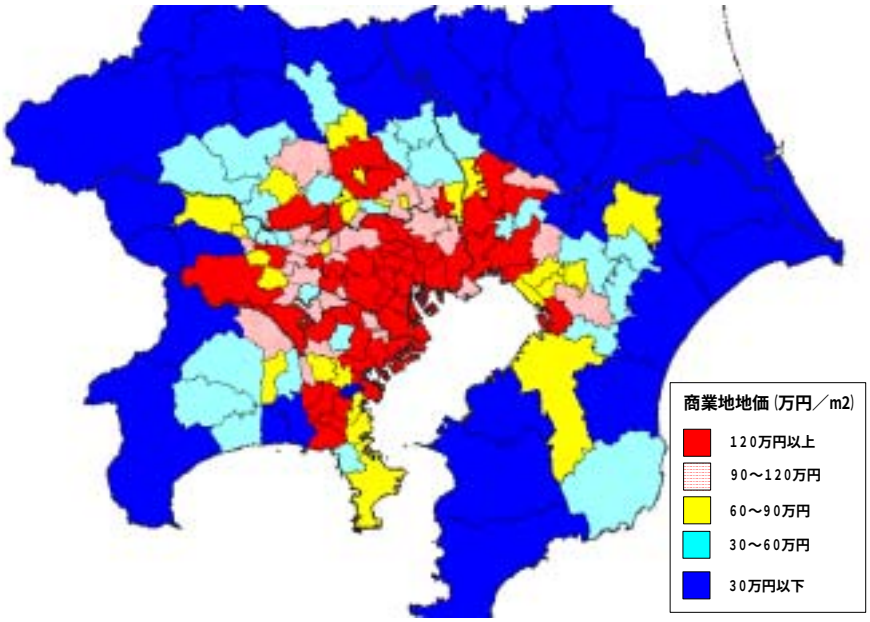


図　６－３１　2030 年 BAU の商業地価分布

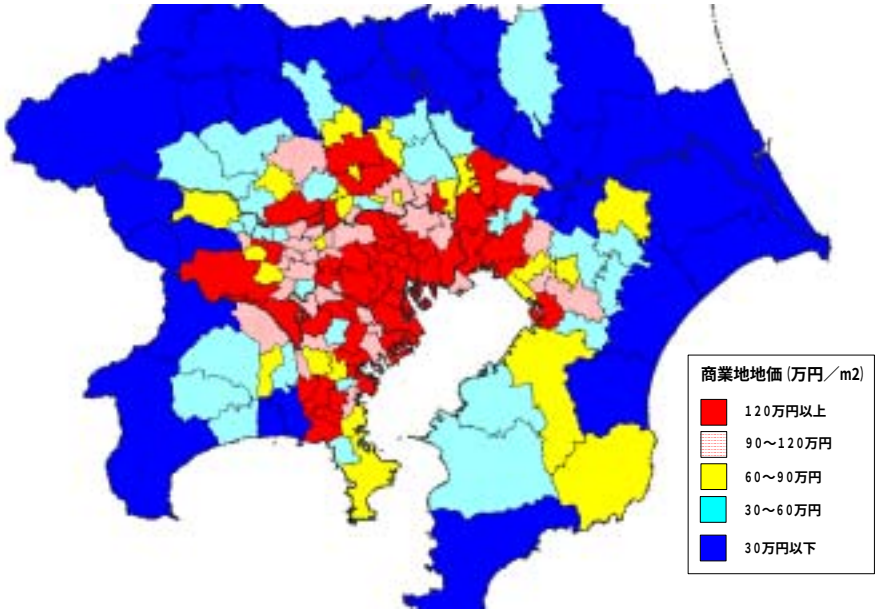


図　６－３２　2030 年の現状計画での商業地価分布

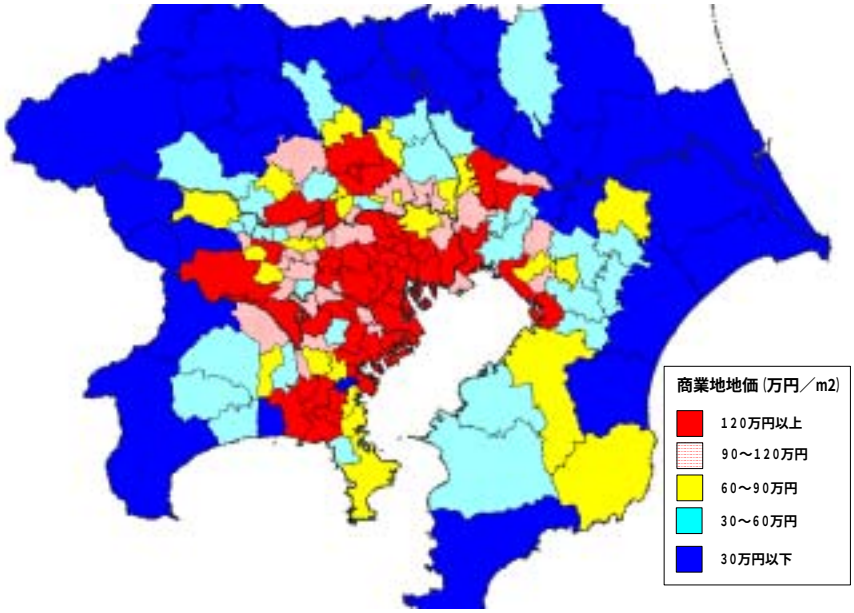


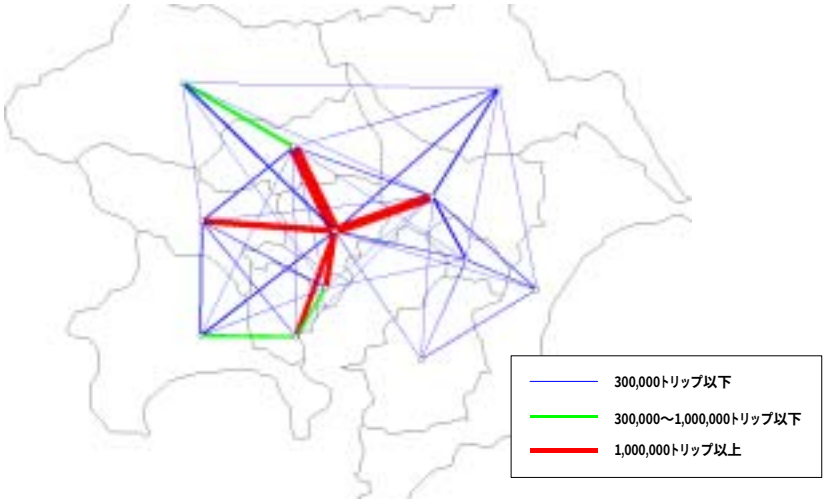
図　６－３３　2030 年都市施策での商業地価分布

６－４ 交通関係結果

（１）地域間トリップ数

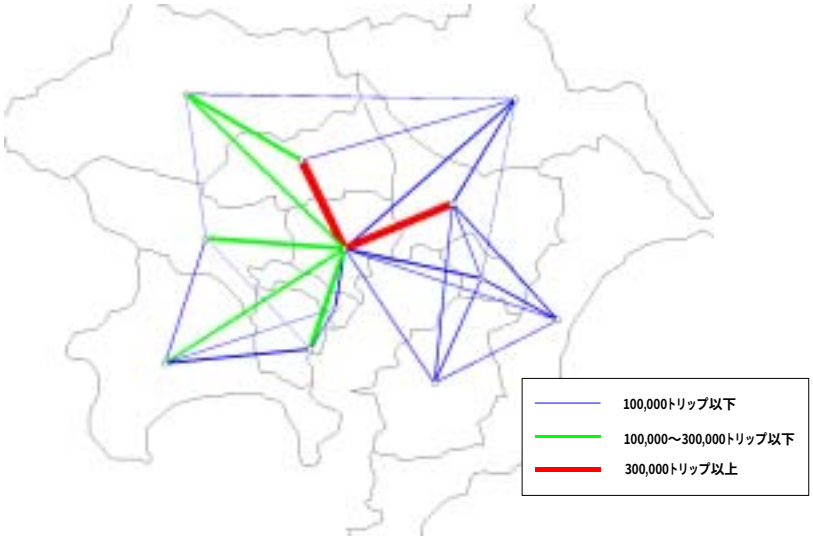
１）大ゾーンでの移動変化

- 地域間のトリップ数は現状と比較して、大きな変化が無く、都心部発着の放射状のトリップが中心になっている。
- 2030 年 BAU では、人口の分散、企業の都心部への高集積により、東京都心部発着の OD が大幅に増加する。また、千葉県、茨城県の人口の増加に伴い、これらの地域間での流動が増加する。
- 現状計画ケースの場合、企業が若干分散化することにより、都心部と遠距離の埼玉北部、神奈川西部、千葉県の流動量（OD）が減少する。また、房総地域の流動量も BAU と比較して減少する。
- 都市施策を講じた場合、千葉市発着、横浜市、旧大宮市の発着のトリップ数が現状計画ケースと比較して増加する。それに伴い、都心部からの発着の流動量は３ケースの中で最も少ない。



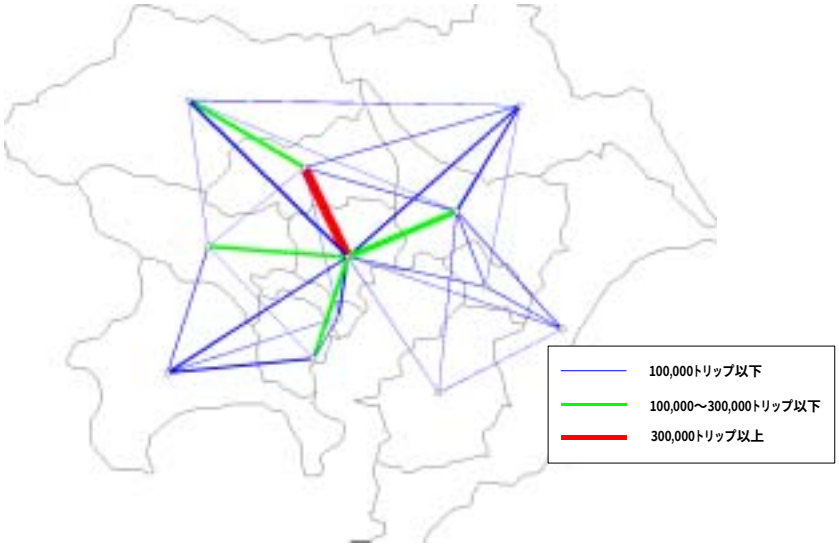
注）1000 トリップ以上を図化

図 ６－３４ 1995OD（トリップ数）



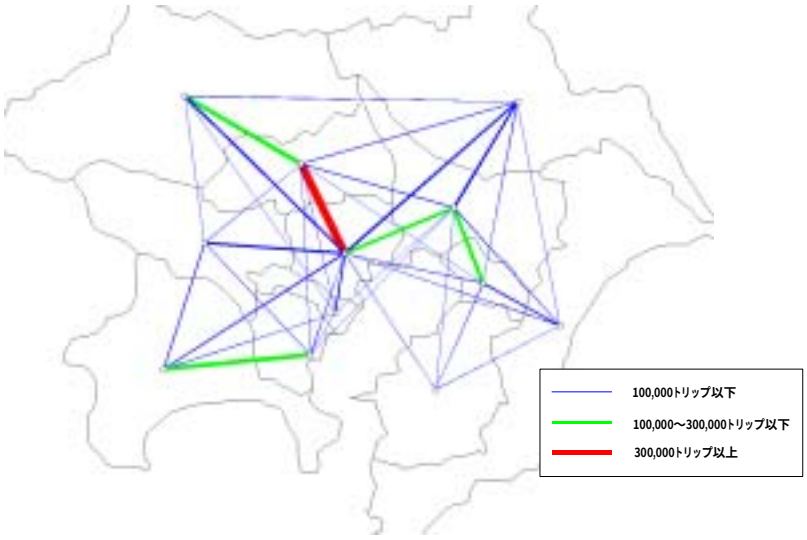
注）1000 トリップ以上増加した地域間を表示

図 ６－３５ OD の変化（2030 年 BAU－1995 年）



注）1000 トリップ以上増加した地域間を表示

図 ６－３６　OD の変化（2030 年現状計画－1995 年）



注）1000 トリップ以上増加した地域間を表示

図 ６－３７　OD の変化（2030 都市施策－1995 年）

2）都心部着通勤トリップ数

- 都心 11 区[34]への通勤するトリップを見ると、2030 年の BAU では 1995 年と比較して遠方の居住者の通勤が増加しており、通勤圏が大幅な拡大を見せている。
- 交通基盤を現状計画で整備した場合、通勤圏が若干縮小する。これは交通基盤整備（特に道路整備）により企業が分散し、都心部以外の通勤先が増加したためである。

注）2000 トリップ以上を図示

図 ６－３８　1995 年　　**図 ６－３９　2030 年 BAU**

注）2000 トリップ以上を図示

図 ６－４０　2030 年現状計画　　**図 ６－４１　2030 年都市施策**

[34]都心 11 区とは首都高中央環状線の内側の区であり、以下の区が含まれる。千代田、中央、港、新宿、文京、台東、墨田、江東、豊島、荒川、渋谷

３）各拠点[35]着の私事トリップ、業務トリップ

i）私事トリップ

■　５つの拠点（都心 11 区、千葉、さいたま、八王子・立川、横浜・川崎）へ買物や社交・娯楽などの私事目的のトリップを見ると、1995 年と比較して、都心部への企業高集積、世帯の分散により、各拠点へ周辺の広い地域からのトリップが増加している。特に、都市施策を講じた場合、拠点の集積が高まり、より広域的なトリップが発生している。

注）3000 トリップ以上を図示

図　６－４２　1995 年（私事）

図　６－４３　2030 年 BAU（私事）

注）3000 トリップ以上を図示

図　６－４４　2030 年現状計画（私事）

図　６－４５　2030 年都市施策（私事）

[35] ここでいう拠点とは、都心 11 区、千葉市、さいたま市、八王子・立川広域都市圏、横浜・川崎である。

ii）業務トリップ

- 各拠点への業務目的のトリップの範囲は大きくは変化しない。業務目的のトリップは企業間の移動であり、企業の集積程度に依存している。各ケースでは企業の都心部への集積が高まり、業務移動の傾向は変化しない。

注）1000 トリップ以上を図示

図 ６－４６　1995 年（業務）

図 ６－４７　2030 年 BAU（業務）

注）1000 トリップ以上を図示

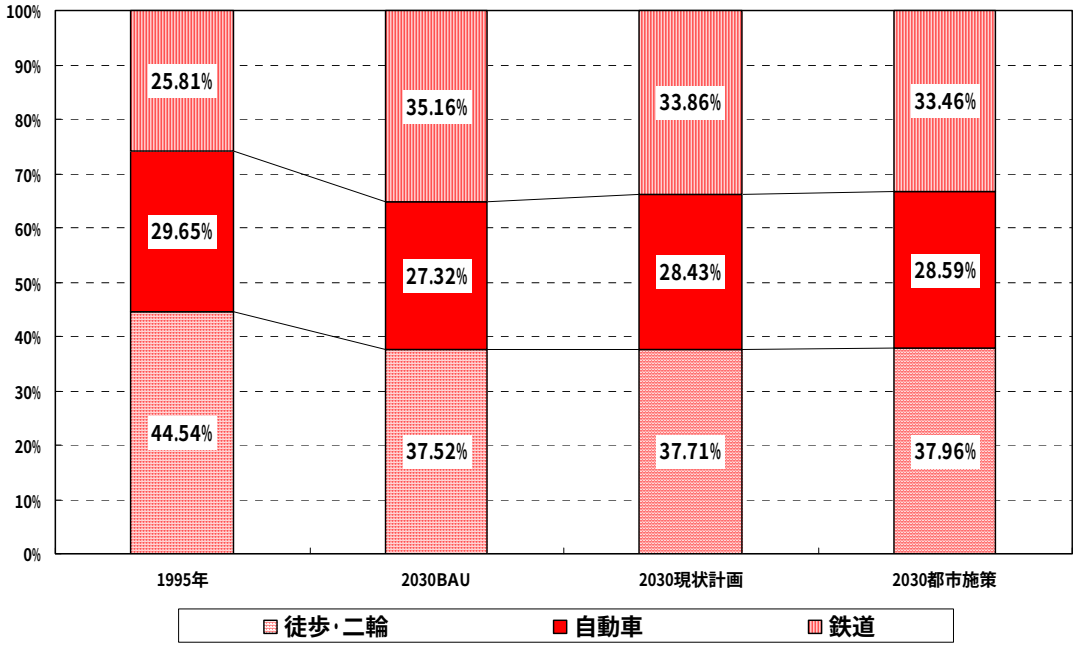
図 ６－４８　2030 年現状計画（業務）

図 ６－４９　2030 年都市施策（業務）

（２）交通機関分担率

１）都市圏全体の交通機関分担率

- 基本的に現状（1995 年）と比較して、人口の分散化、企業の都心部への高度集積により移動距離が増加し、徒歩・二輪の分担率が減少する（44%→37%）。
- 移動距離の増加、鉄道の新規整備に伴い鉄道の分担率が増加する。
- 2030 年の BAU では、1995 年以降交通基盤整備が行われないため、道路混雑に伴い鉄道分担率が最も高くなる。
- 2030 年の現状計画ケースでは道路整備による混雑の緩和により自動車分担率が増加する。さらに、都市施策を講じた場合、企業、世帯の分散により、郊外部での自動車利用が増加し、自動車分担率が増加する。
- 本モデルでは、従来の４段階推計モデルと異なり、分担・配分統合型モデルを使用しており、各時点で交通手段、経路選択が短期的に均衡している。
- この場合の均衡とは、仮に鉄道優先の場合、鉄道に利用者がシフトし、道路混雑が緩和する。その情報が利用者に伝わり、道路へシフトし、道路が混雑する。そのため、再度、鉄道へ転換される。このプロセスが繰り返し行われ、ある程度シフトしなくなったことをいう。
- 交通モデルは、同時点での（擬似的な）配分・分担統合モデルであり、この短期的な均衡状態を作り出しており、現状のメカニズムを反映させている。



注）自動車にはバスも含む

図 ６－５０　都市圏全体の交通機関分担率（2030 年）

2）各ゾーンの自動車分担率

- 将来の自動車分担率をゾーン別にみると、現状と比較して、BAU では都心部、郊外部で自動車分担率が減少する。
- 交通基盤を整備した場合、郊外部、都心部で増加する。これは、都心部、郊外部ともに圏央道等の高規格な環状道路の整備により自動車の利便性が向上するためである。

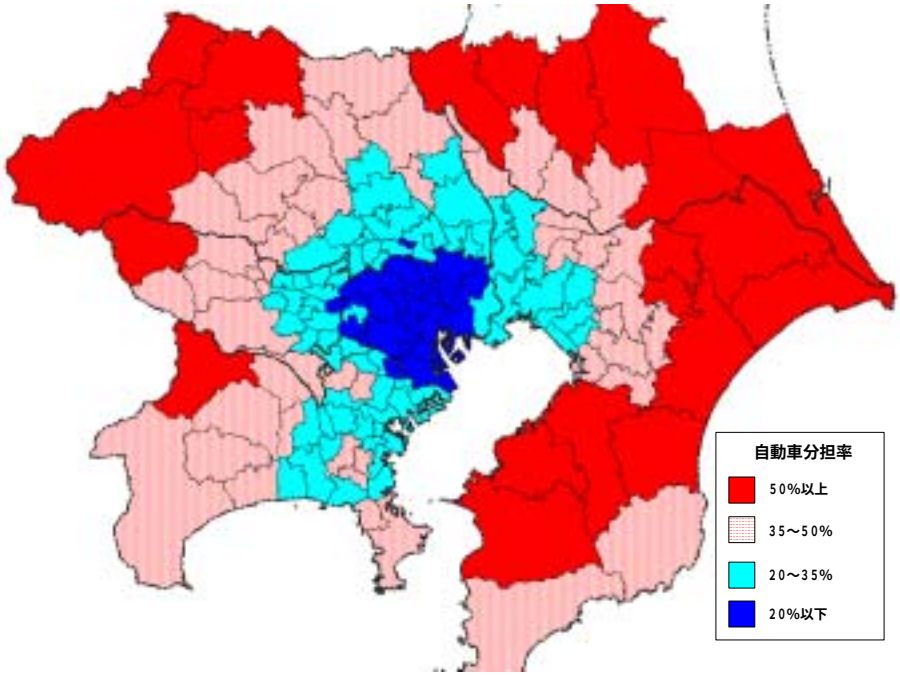


図 6－51　1995 年の自動車分担率

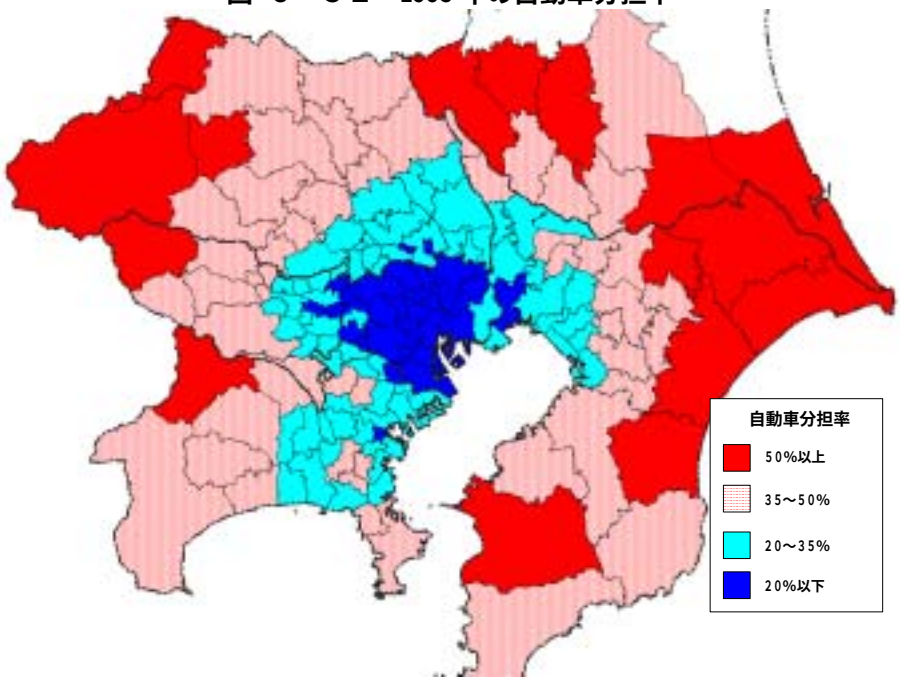


図 6－52　2030 年 BAU の自動車分担率

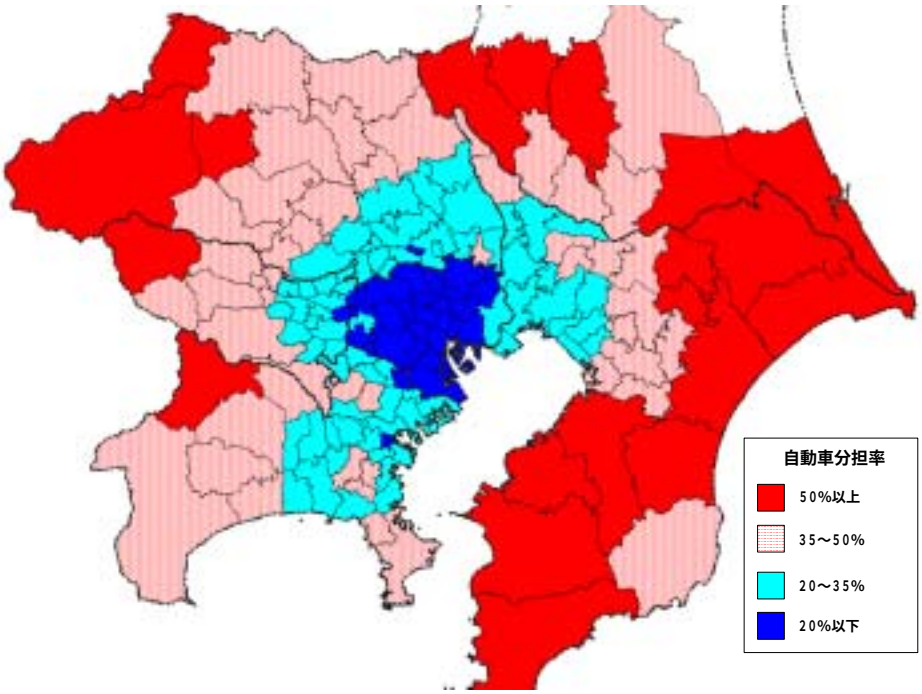


図 ６－５３　2030 年の現状計画ケースの自動車分担率

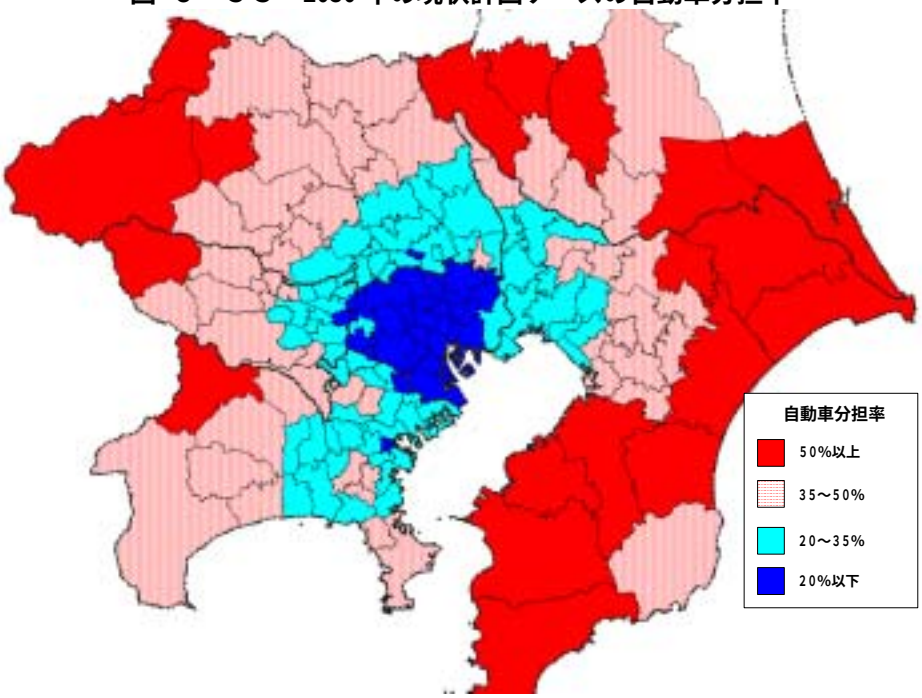


図 ６－５４　2030 年の都市施策ケースの自動車分担率

（３）交通量配分結果

１）基礎評価指標

i）道路

- 交通量配分結果では、道路、鉄道ともに 1995 年と比較して 2030 年の方が走行台キロ、総走行台時の全てのケースで大きくなっている。これは 2030 年には人口が分散化し、企業が都心部に高度集積し、移動の長距離化が挙げられる。
- 平均旅行速度は、都市圏全体で現状と比較して、BAU の場合、1km/h 低減するが、交通基盤を整備した場合、1km/h 向上する。
- また、都市施策有無では、総走行台キロ、総走行台時ともに都市施策を講じた方が大きく、都市施策を講じて拠点を分散させない方が交通システムとしては良好なシステムとなる。

表 ６－７　道路配分結果

		総走行台キロ（億台キロ／年）			総走行台時（億台時／年）			平均旅行速度（km/h）		
		内々	内外	合計	内々	内外	合計	内々	内外	合計
現状（1995 年）		282.2	807.6	1,089.7	14.75	27.67	42.42	19.124	29.186	25.687
2030 年	BAU	241.6	1,033.3	1,274.9	12.86	38.81	51.67	18.786	26.627	24.675
	現状計画	256.3	1,035.5	1,291.8	13.43	34.69	48.13	19.085	29.846	26.843
	都市施策	253.7	1,049.3	1,303.0	13.35	35.46	48.81	19.009	29.591	26.698

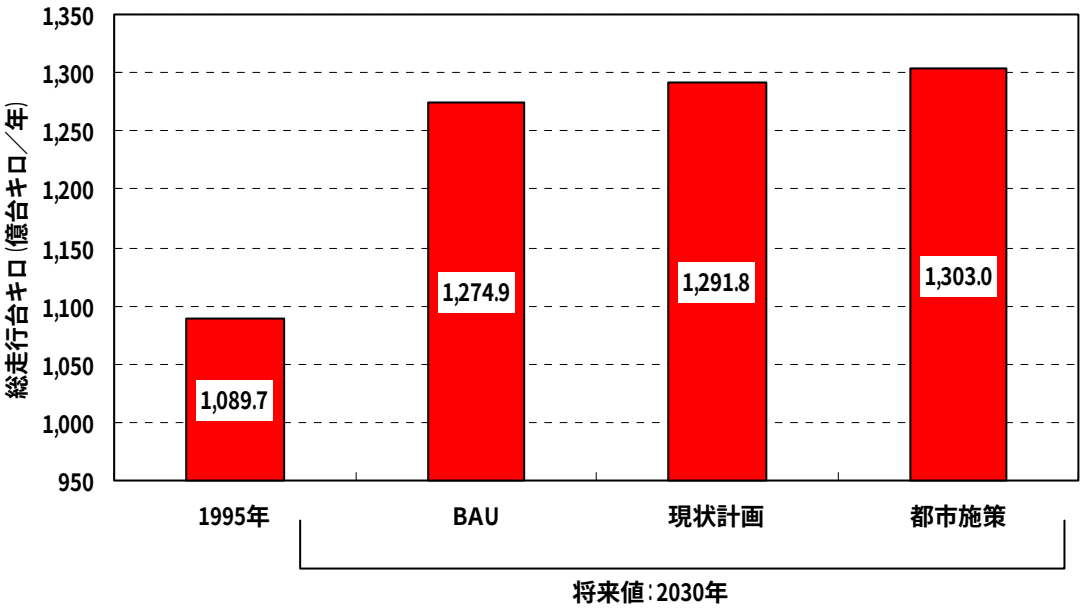


図 ６－５５　総走行台キロの比較

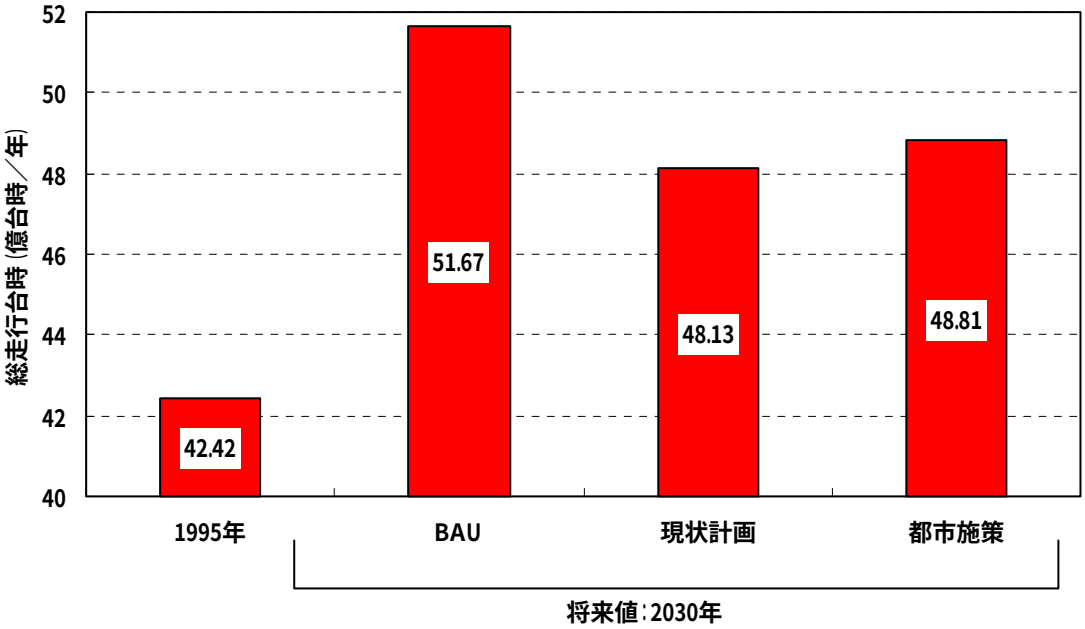


図　６－５６　総走行台時の比較

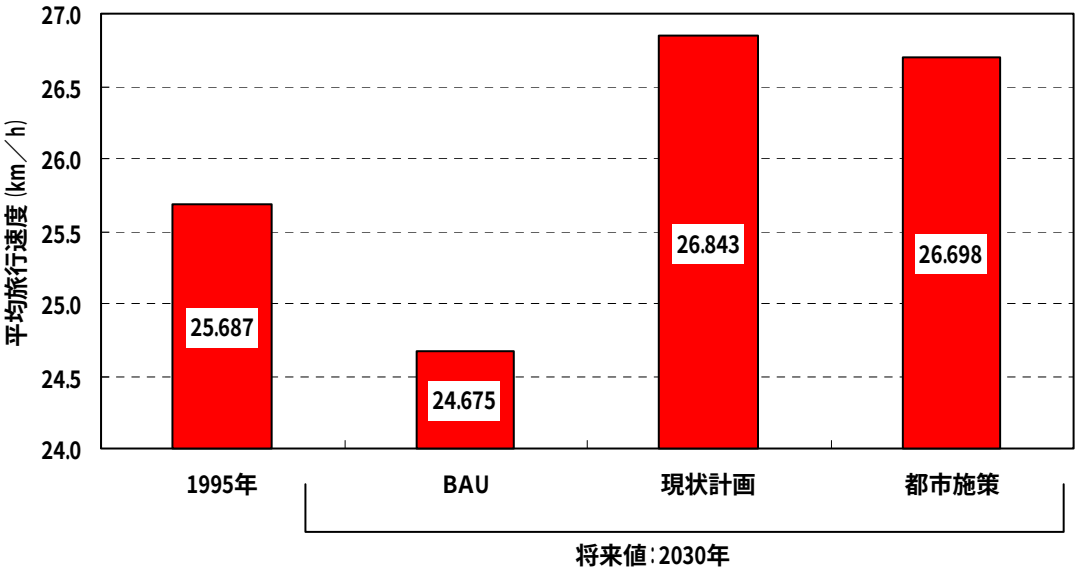


図　６－５７　平均旅行速度の比較

ii）鉄道

- 鉄道は人口の分散化、企業の高度集積に伴い、大幅に総輸送人キロが増加する。
- さらに施策を何も講じてない場合（BAU）、道路サービス水準の悪化により、鉄道需要量が大幅に増加するが、交通基盤整備、そして都市施策を講じることにより、総輸送人キロは減少していく。

表 ６－８　総走行人キロ（億人キロ／年）

		ゾーン内々	内外ﾄﾘｯﾌﾟ	合計
1995 年		26.9	887.0	914.0
2030 年	BAU	24.1	1,640.4	1,664.5
	現状計画	23.7	1,447.8	1,471.5
	都市施策	23.6	1,400.4	1,424.0

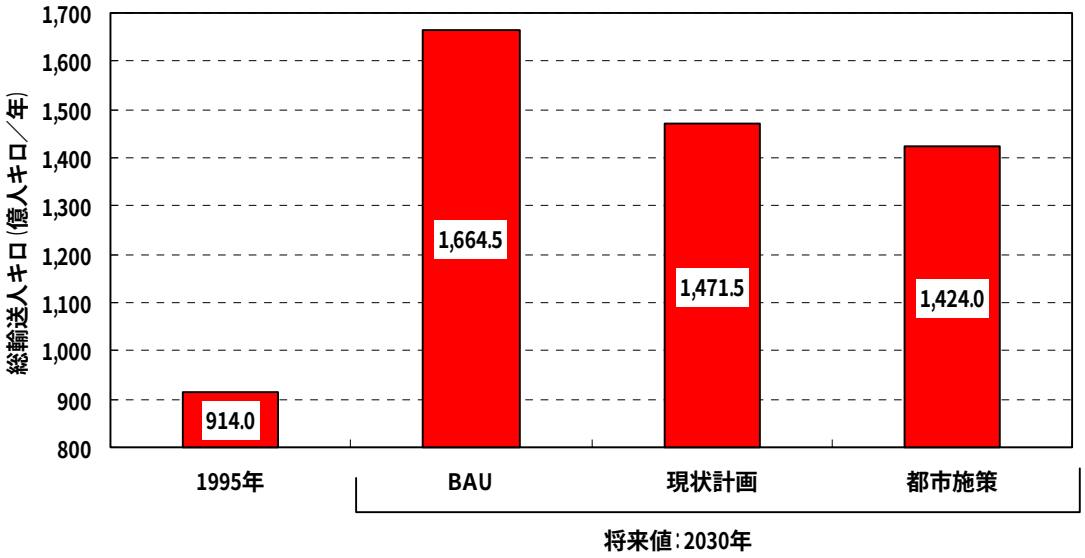


図 ６－５８　総走行人キロの比較

2）交通量図

i）道路ネットワーク

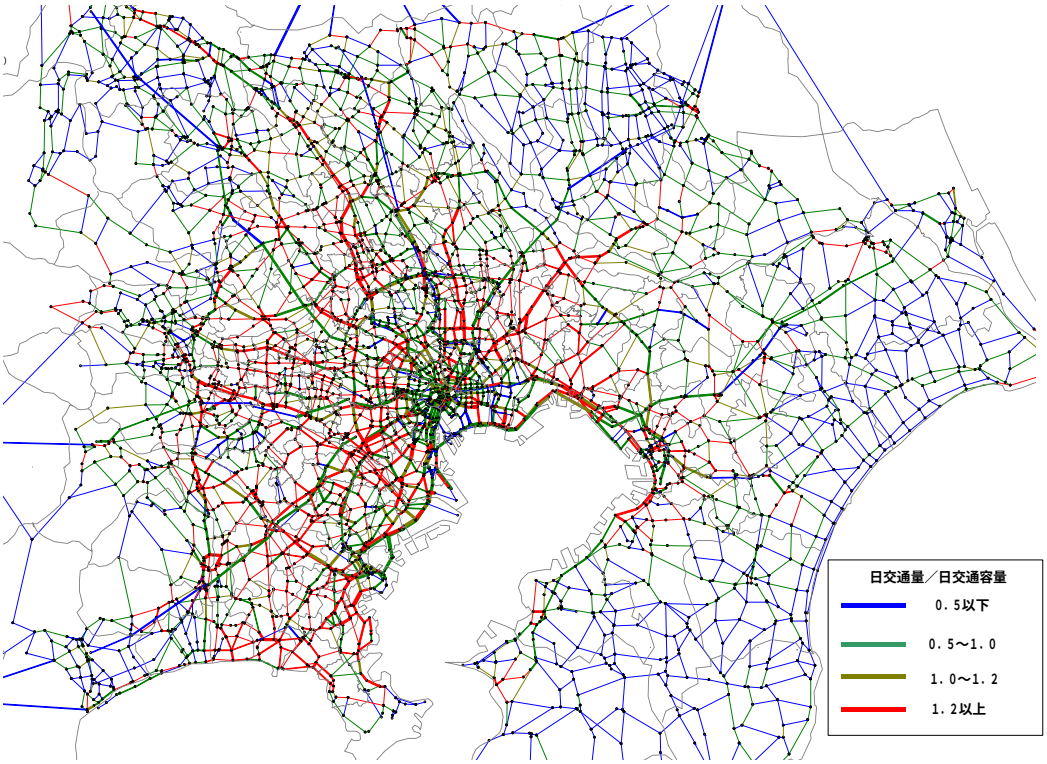


図 ６－５９ 1995 年の道路配分結果

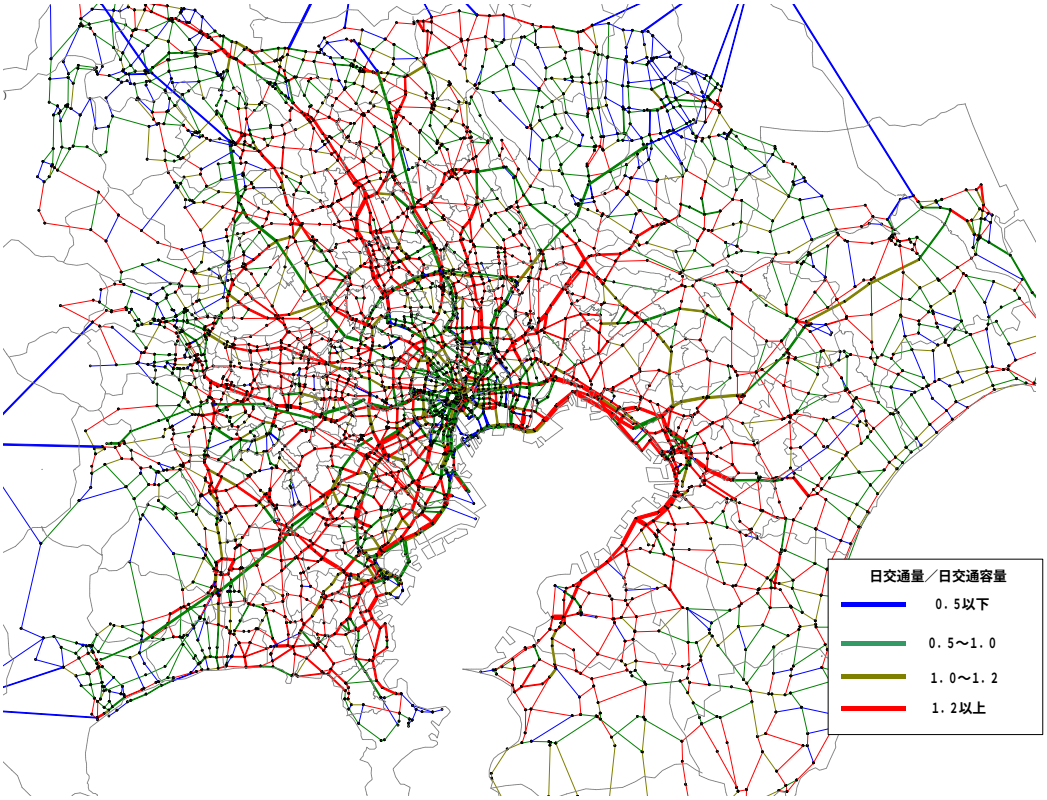


図 ６－６０ 2030 年（BAU）の道路配分結果

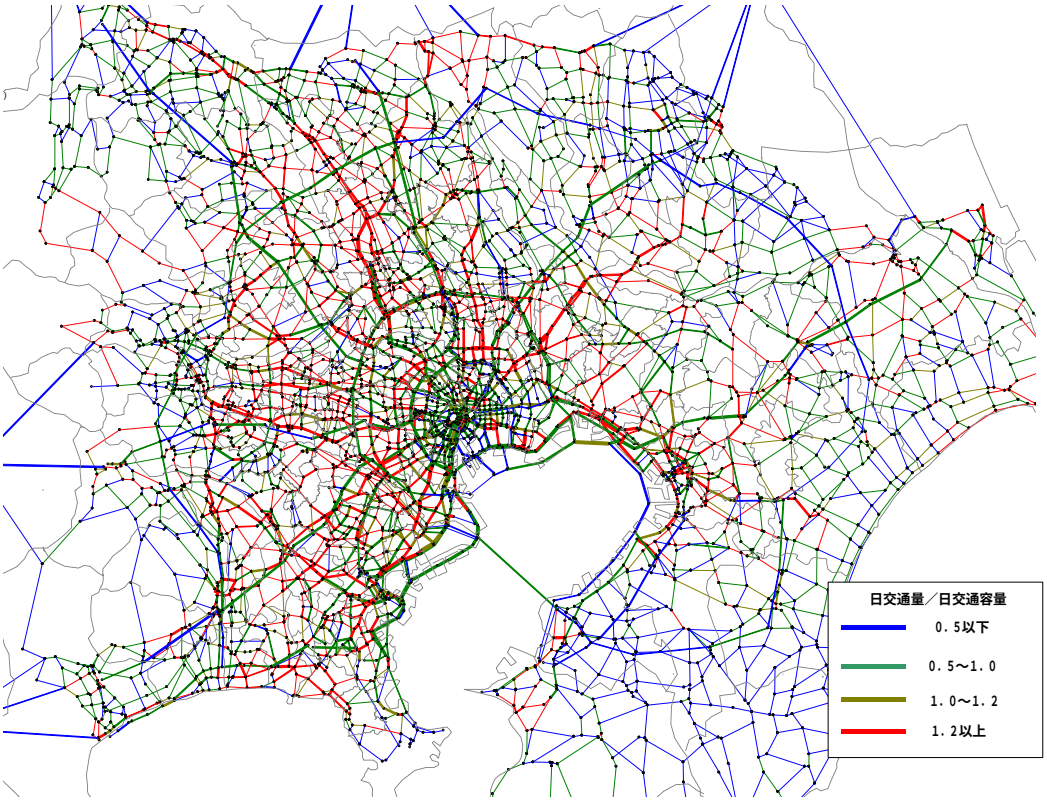


図　６－６１　2030 年現状計画整備の道路配分結果

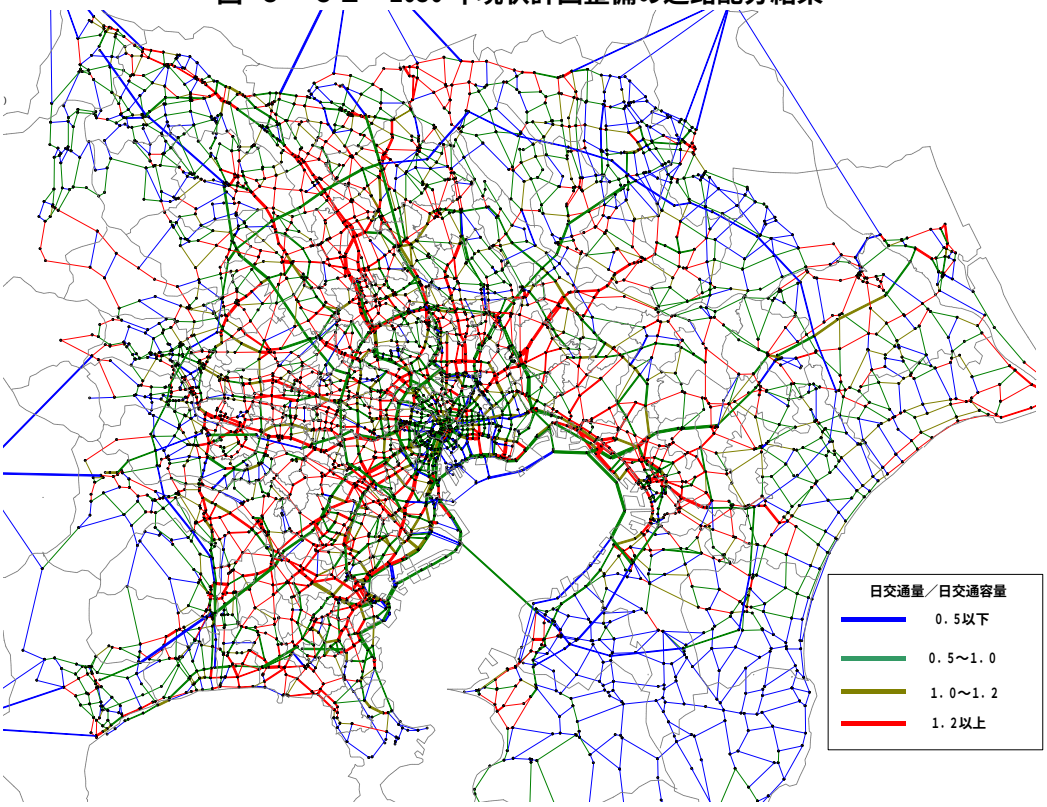


図　６－６２　2030 年都市施策の道路配分結果

ii）鉄道ネットワーク

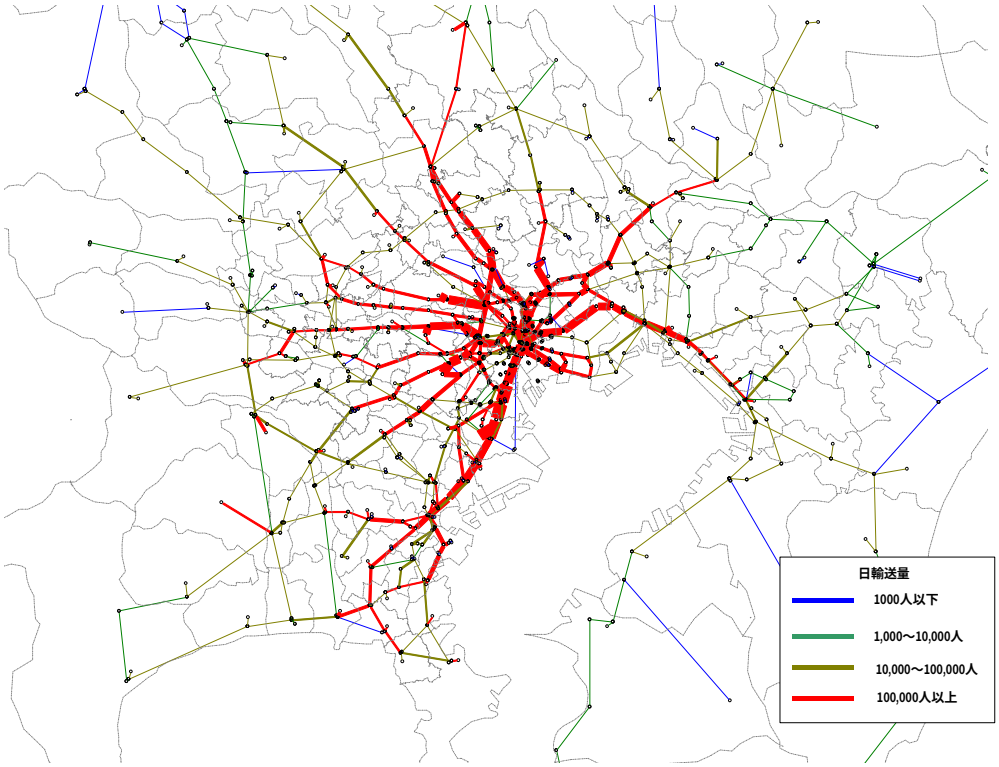


図　６－６３　1995 年の鉄道利用状況

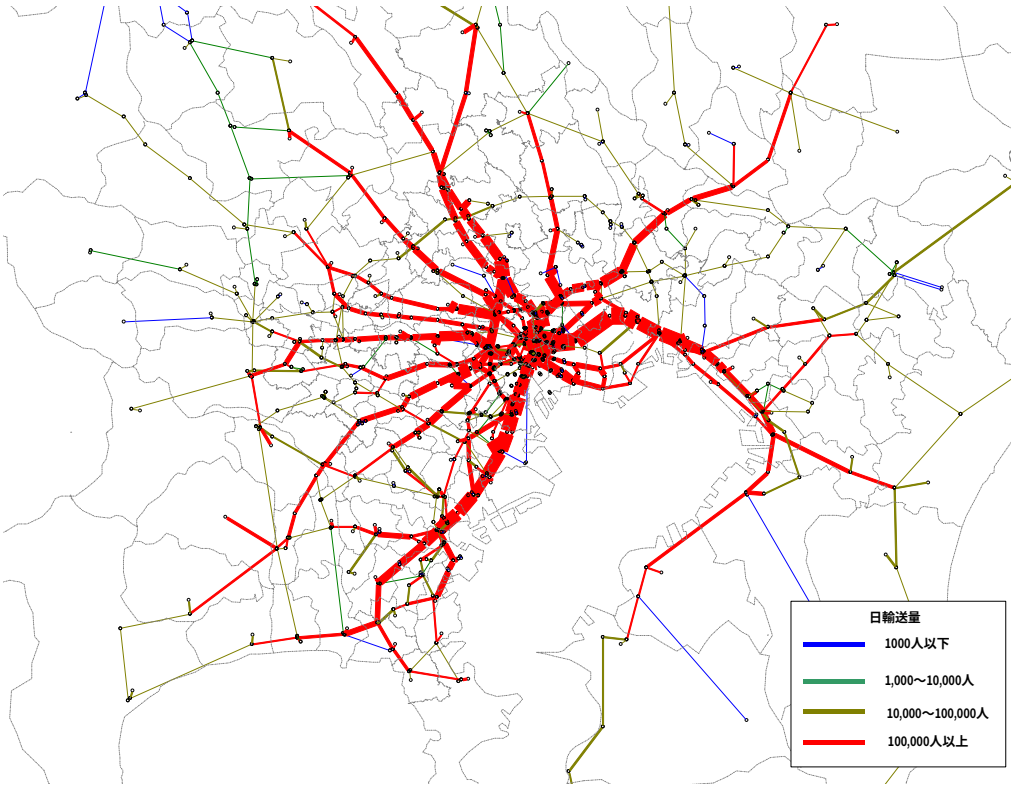


図　６－６４　2030 年 BAU の鉄道利用状況

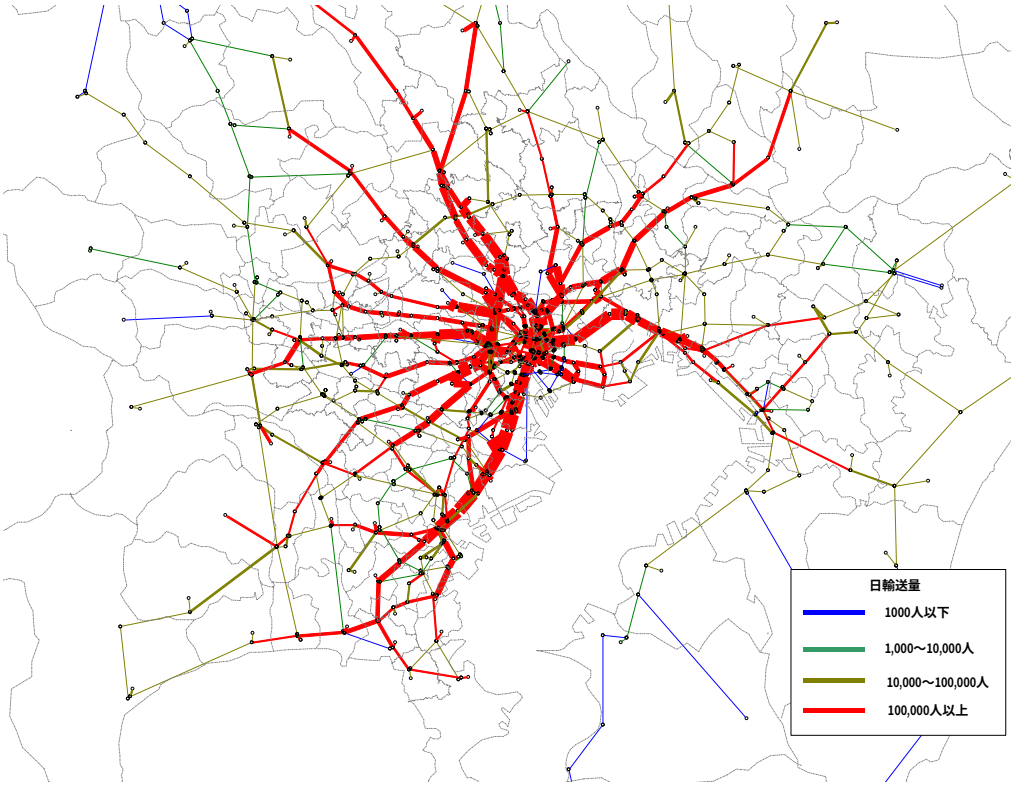


図　６－６５　2030 年現状計画ケースの鉄道利用状況

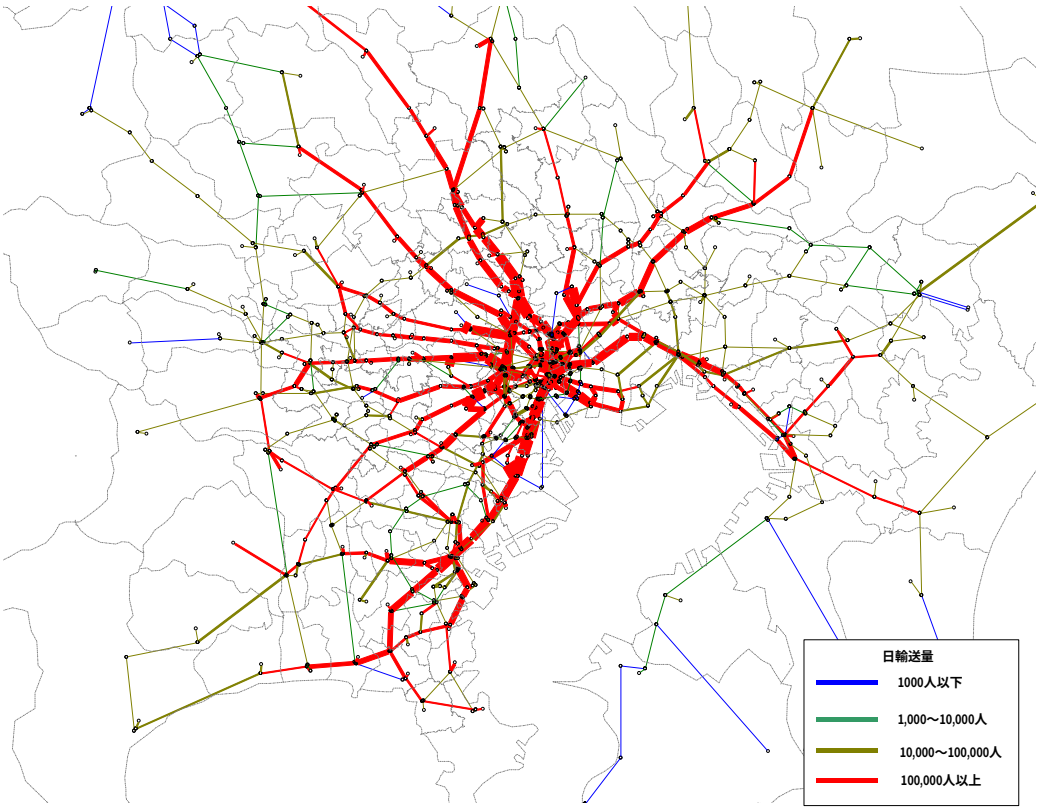


図　６－６６　2030 年都市施策の場合の鉄道利用状況

７．CO_2排出量の推計

７．CO_2排出量の推計

７－１ 運輸部門からの CO_2 排出量

（１）自動車

自動車からの CO_2 排出量は、2030 年には 1995 年と比較して、BAU では 627 万トン（約 19%）増加するが、交通基盤整備等の削減施策を講じることにより、451 万トン（14%）増加に抑えられる。施策効果（BAU と各ケースの比較）をみると、交通基盤を「現状計画」で整備する場合が最も効果が高く、BAU と比較して 175 万トン（約 4.8%）削減される。「都市施策」を講じた場合、世帯の分散がより進展し、総走行台キロ、総走行台時（総交通費用）が増加し、CO_2 排出量削減効果は現状計画と比較して小さい。

本モデルでは分担・配分統合型モデルを使用しており、道路混雑により鉄道へのシフトが考慮されているため、道路を整備した場合、自動車に利用者がシフトし道路が混雑する。その情報が利用者に伝わり、鉄道へシフトし、道路混雑が緩和し、再度、道路へ転換されるというプロセスが均衡状態に至るまで続けられる。というメカニズムが反映されており、従来の４段階推計法のように BAU で大きな排出量となっていない。さらに、世帯、企業の立地の変化を導入しており、交通基盤整備後に整備された基盤周辺に世帯・企業が立地し、交通量が増加する。そのため、施策実施後でも排出量の減少が従来モデルよりも少ない。これらの２つの要因により従来のモデルと比較して CO2 削減効果が小さくなっている。

表 ７－１ 自動車からの CO_2 排出量（万トン－CO_2／年）

		CO_2 排出量（万トン－CO_2／年）			1995 年との比較（各ｹｰｽ－1995 年）		BAU との比較（各ｹｰｽ－BAU）	
		内々	内外	合計	変化量	変化率	変化量	割合
1995 年		799.4	2,391.5	3,190.9	0.0	0.00%		
2030 年	BAU	695.3	3,122.2	3,817.5	626.6	19.64%		
	現状計画	728.8	2,913.6	3,642.4	451.5	14.15%	-175.1	-4.81%
	都市施策	723.2	2,953.0	3,676.3	485.4	15.21%	-141.2	-3.84%

（２）鉄道

鉄道からの CO_2 排出量は 2030 年には 1995 年と比較して、BAU では 134 万トン（44%）増加するが、交通基盤等の削減施策を講じた場合、道路のサービスレベルの向上により、鉄道分担率が減少し、100 万トン（33%）増加に抑えられる。本調査では、鉄道の CO_2 排出原単位を利用者数に一定値を乗じて推計しているため、利用者数の増加がそのまま CO_2 排出量増加になっている。実際には利用者数増加し、混雑率上昇し、１人当たりの CO_2 排出量は減少していくものと考えられる。施策効果をみると、「都市施策」の効果が大きく、BAU と比較して 40 万トン（約 15%）削減される。これは「都市施策」を講じることにより、鉄道の密度が薄い郊外部へ世帯が移り、自動車分担率が上昇するためである。

表 ７－２ 鉄道からの CO_2 排出量（万トン－CO_2／年）

		CO_2 排出量（万トン－CO_2／年）			1995 年との比較（各ｹｰｽ－1995 年）		BAU との比較（各ｹｰｽ－BAU）	
		内々	内外	合計	変化量	変化率	変化量	割合
1995 年		4.9	162.6	167.6	－	－	－	－
2030 年	BAU	4.4	297.0	301.5	133.9	44.42%	－	－
	現状計画	4.3	265.4	269.8	102.2	33.90%	-31.7	-11.75%
	都市施策	4.3	256.7	261.1	93.5	31.02%	-40.4	-15.48%

７－２ 民生部門

（１）家庭

世帯からの CO_2 排出量は、2030 年には 1995 年と比較して BAU では 150 万トン（約 5.5%）増加する。世帯数は都市圏全体で約 12%増加するが、世帯人員の減少により各世帯からの CO_2 排出量は減少するためである。対策効果をみると、『現状計画』『都市施策』ともに BAU と比較して排出量が多くなる。これは施策を講じることにより、分散化が進展し、取得可能な土地が増加し、戸建て住宅数が増加するためである。

表 ７－３ 家庭からの CO_2 排出量（万トン－CO_2／年）

		1995 年	2030 年		
			BAU	現状計画	都市施策
CO_2 排出量（万ﾄﾝ-CO_2/年）		2,758.6	2,907.9	2,914.3	2,915.7
1995 年との比較	変化量	－	149.2	155.6	157.1
	変化率	－	5.41%	5.64%	5.69%
施策効果	変化量	－	－	6.4	7.8
	変化率	－	－	0.22%	0.27%

（２）業務

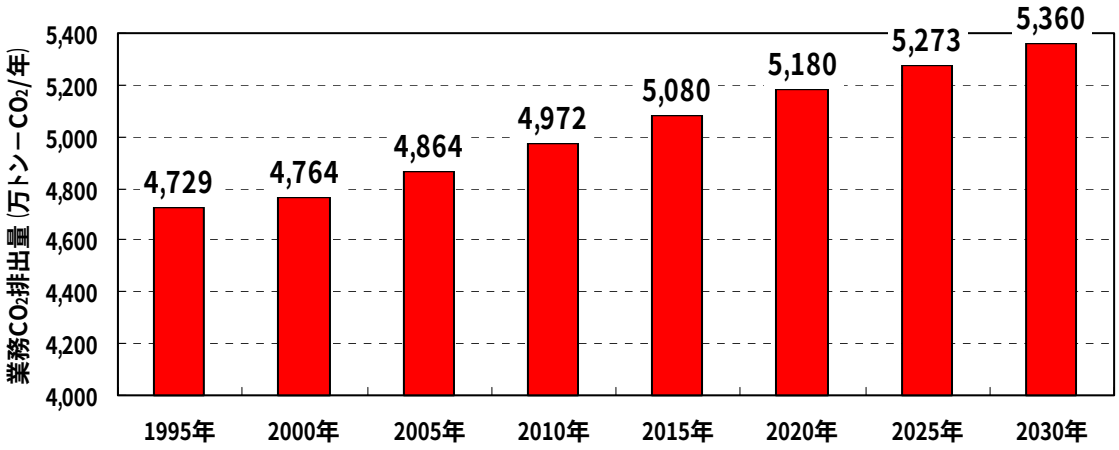


図 ７－１ 業務からの CO_2 排出量（万トン－CO_2／年）

７－３ 産業部門

- 本調査の対象部門は運輸及び民生部門であるが、首都圏の将来（2030 年）の CO_2 排出量の総量をみるために産業部門の CO_2 排出量を把握する。
- 産業部門の排出量は、全国地域別排出量のようにエネルギー別に活動量及び活動状態を設定して算出することが望ましいが、本調査では東京都のエネルギービジョンと同様に産業部門の従業者数に CO_2 排出原単位を乗じて算出する（表７－４）。
- 首都圏の産業部門のｴﾈﾙｷﾞｰ関連資料（表７－６）を見ると、我が国の産業部門からの CO_2 排出量のうち、首都圏では約 25%程度排出していると考えられる。

表 ７－４ 産業部門の CO_2 排出原単位

対象従業者数（千人）								CO_2 排出量	原単位
農林業	漁業	鉱業	建設業	製造業	運輸･通信	電気･ガス	合計	千ﾄﾝ－CO_2	kg-CO_2／人
3512	308	61	6631	13556	3890	364	28,322	489,761	17,293

表 ７－５ 首都圏の各指標の比較

	従業者数	工場敷地面積	工場数	製造業製品出荷額
	千人	1000m2		億円
首都圏	5,864	192,027	78,937	688,740
全国	28,322	1,474,839	373,713	3,058,400
割合	20.70%	13.02%	21.12%	22.52%

表 ７－６ 首都圏のｴﾈﾙｷﾞｰ関連指標

都道府県	年次	対象指標①		全国値②	県全部門③	産業部門全国割合（①／②）	産業割合（①／③）
埼玉県	1990	CO_2 排出量（千ﾄﾝ－C）	4,035	135,000	10,795	3.0%	37.4%
千葉県	1990	CO_2 排出量（千ﾄﾝ－C）	13,950	135,000	20,280	10.3%	68.8%
東京都	1996	ｴﾈﾙｷﾞｰ消費量（兆 kcal）	19	1,803	195	1.1%	9.7%
神奈川県	1997	ｴﾈﾙｷﾞｰ消費量（兆 kcal）	201	1,807	306	11.1%	65.7%

出所：各都県資料

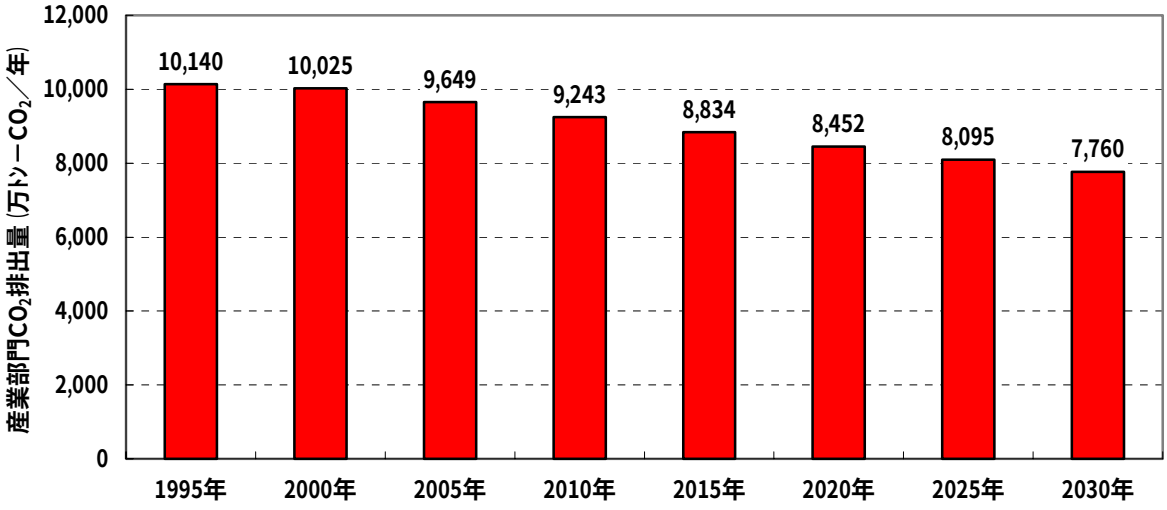


図 ７－２ 産業部門の CO_2 排出量（万ﾄﾝ－CO_2／年）

７－４ CO_2排出量のまとめ

（１）総 CO_2排出量

- 産業部門、エネルギー転換部門、工業プロセス、廃棄物燃焼まで含めると、2030 年の首都圏からの CO_2 排出量は 1995 年に比べて 5.5%減少し、主要な交通基盤整備を行えばさらに 0.8%の排出量削減が可能との推計結果が得られた。
- しかしながら、CO_2 排出量の減少は産業構造転換による産業部門からの減少が大きく寄与しており、主要な交通基盤整備を行ったとしても、交通・民生部門からの CO_2 排出量は 1995 年比でむしろ 12%増加している。このため、2010 年度までの CO_2 排出削減等に係る目標値[36]（交通：1990 年度比 17%増＝1995 年度の水準を維持、民生：1990 年度比 2%減）との関連では、交通基盤整備による交通円滑化対策のみでは不十分であり、今後、それ以外の方策による CO_2 排出削減が不可欠であると考えられる。
- ケース別では「現状計画ケース」が最も排出量が少なく、「都市施策」を推進した場合の分散型の土地利用は CO_2 排出の観点からは望ましくない。

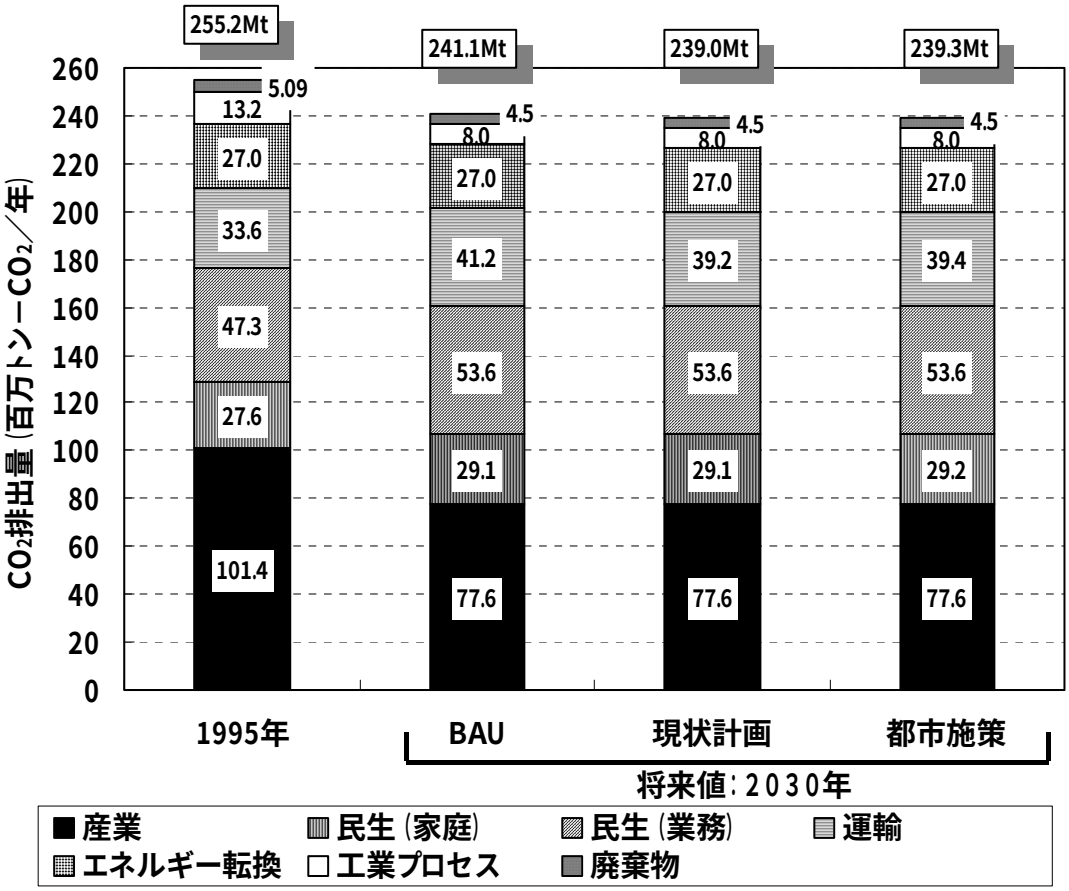


図　首都圏の CO_2 排出量

表　CO_2 排出削減率（削減効果）

	BAU	現状計画	都市施策
1995 年との比較	5.54%	6.33%	6.23%
BAU との比較	－	0.83%	0.72%

[36] 「地球温暖化対策推進大綱」（2002 年 3 月 19 日 閣議決定）

（2）各指標との関連

以下にモデルの実行結果として、CO_2排出量、都市構造、交通体系の関連を示す。

表 7－7　設定シナリオ（再掲）

NO	検討ケース	内容
1	現状維持（BAU）	①鉄道整備無し、②道路整備無し、③都市構造はトレンドで推移
2	現状計画	①鉄道標準整備、②道路標準整備、③都市構造はトレンドで推移
3	都市施策	①鉄道標準整備、②道路標準整備、③都市施策の展開

① CO_2 排出量が最も少ないケースは『現状計画ケース』であり、BAU と比較して約 0.8%削減される。鉄道からの排出量のみ『都市施策ケース』が少ない。

② 従業者（企業）の分布では、『都市施策ケース』が最も分散し、業務核都市への集積が高まっていく。『現状計画ケース』では「その他」地域が多くなる。

③ 人口分布は『都市施策ケース』の場合、業務核都市の人口が多くなり、増加分は都心部よりもむしろ「その他」地域から流入する。

④ 戸建住宅は『都市施策ケース』が最も多く、多様な住宅ニーズに対応することが可能となる。

⑤ 移動に関する平均旅行速度は自動車、公共交通機関ともに『現状計画ケース』が最速であり、最も効率的な交通システムと言える。

⑥ 自動車の分担率は、『都市施策ケース』が最大であり、郊外居住増加の影響であり、鉄道分担率は減少する。

⑥ 総交通費用（総走行台時、総輸送人時）は『現状計画ケース』が最小であり、移動の速度と同様、『現状計画』が交通面では最も効率的といえる。

表 7－8　各指標の変化

			BAU	現状計画	都市施策
CO_2排出量（万t－CO_2）	運輸部門	自動車	3,818	3,642	3,676
		鉄道	302	270	261
	民生部門	家庭	2,907	2,914	2,915
		業務	5,360	5,360	5,360
	産業部門		7,760	7,760	7,760
	合計		24,103	23,902	23,929
	削減効果		－	0.83%	0.72%
都市構造	従業者数分布（万人）	都心 11 区	567.3	541.6	497.9
		業務核都市	366.1	368.6	454.5
		その他	857.5	880.6	838.5
	人口分布（万人）	都心 11 区	168.1	167.3	166.8
		業務核都市	956.1	953.9	958.0
		その他	2,218.3	2,221.3	2,217.7
	住宅（万戸）	戸建住宅数	673.3	679.9	680.6
交通体系	平均旅行速度（km/h）	自動車利用	26.63	29.85	29.59
		鉄道利用	27.60	26.91	26.45
	交通機関分担（%）	自動車	27.3	28.4	28.6
		鉄道	35.2	33.9	33.5
	総交通費用（億h／年）	自動車	38.81	34.69	35.46
		鉄道	65.11	59.17	58.45
		合計	103.91	93.87	93.91

注１）表中では『現状計画』と『都市施策』の値の大きい方に「網掛け」をしている。

注２）業務核都市は第５次首都圏基本計画で位置づけられた都市のうち、圏央道の周辺部の横浜・川崎、町田・相模原、八王子・立川・多摩、川越、浦和・大宮、春日部・越谷、柏、千葉の都市を集計したもの。

８．今後の課題（モデルの改良の方向性）

８．今後の課題（モデルの改良の方向性）

以下に本モデルのような統合的なアプローチのモデルの課題を列挙する。

８－１　モデル全体の構造

（１）マクロ経済モデルとの整合性

- 本調査で構築した土地利用・交通モデルでは「総従業者数」「産業構造」「経済成長率」「家計所得」等が外生的に与えられている。従来のモデルでは交通需要は経済活動の派生的需要であるとの認識であり、都市構造・交通体系等の空間的構造は経済活動の下でモデル化されていた。しかしながら、空間的構造が経済メカニズムに与える影響は大きく、特に生産面（供給面）においては生産効率の向上に大きく寄与すると考えられている。
- そのため、今後は土地利用・交通モデルとマクロ計量経済モデルと組み合わせることにより、モデルの全体構造の中で大都市圏の経済・都市圏構造・交通体系・CO_2 排出を一体的に捉えることが可能なモデルを構築する。
- これにより、これまで外生的に与えられていた「総従業者数」「産業構造」「経済成長率」「家計所得」を内生化することができ、各種基盤整備、業務核都市への立地誘導が経済成長、産業構造、都市構造、交通体系、環境負荷に与えるインパクトを把握することが可能となる。

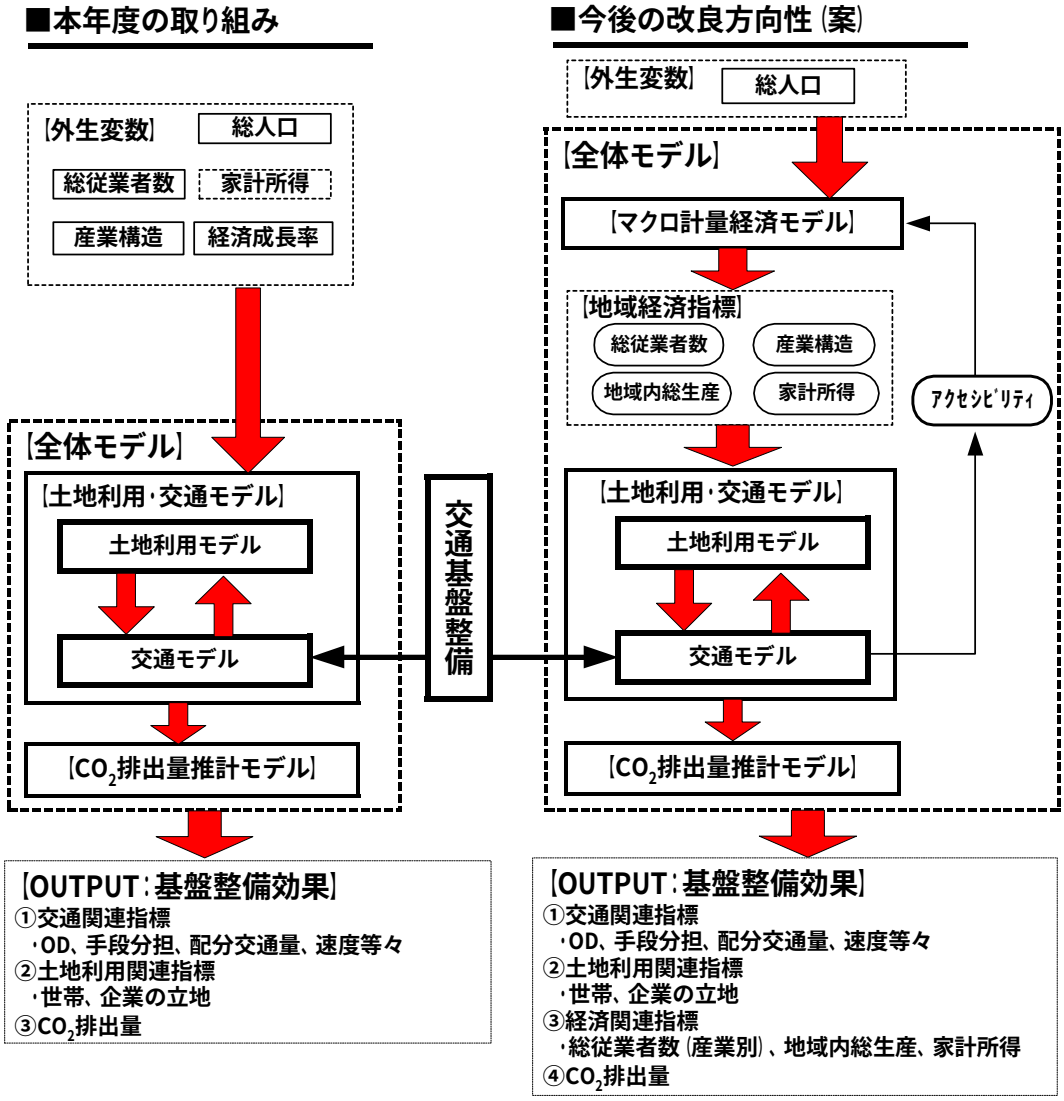


図　８－１　モデルの全体の改良案

（2）動学的均衡モデルへの拡張

- 本モデルでは、擬似的なダイナミックなモデルであり、土地利用・交通モデルの土地利用と交通が同時に均衡しておらず、均衡理論的な解釈や EV（等価変分）による便益評価ができない構造になっている。
- これらの課題を解決している統合モデルとして上田・武藤モデルがあるが、このモデルは目標時点での評価モデルであり、ダイナミックな構造とはなっていない。
- これらを考慮し、モデルの改良方針は以下のとおりであり、現状モデルでは前期（５年前）の交通利便性を用いていたが、各年次で交通、土地利用の均衡状態を導く構造とすることが必要である。

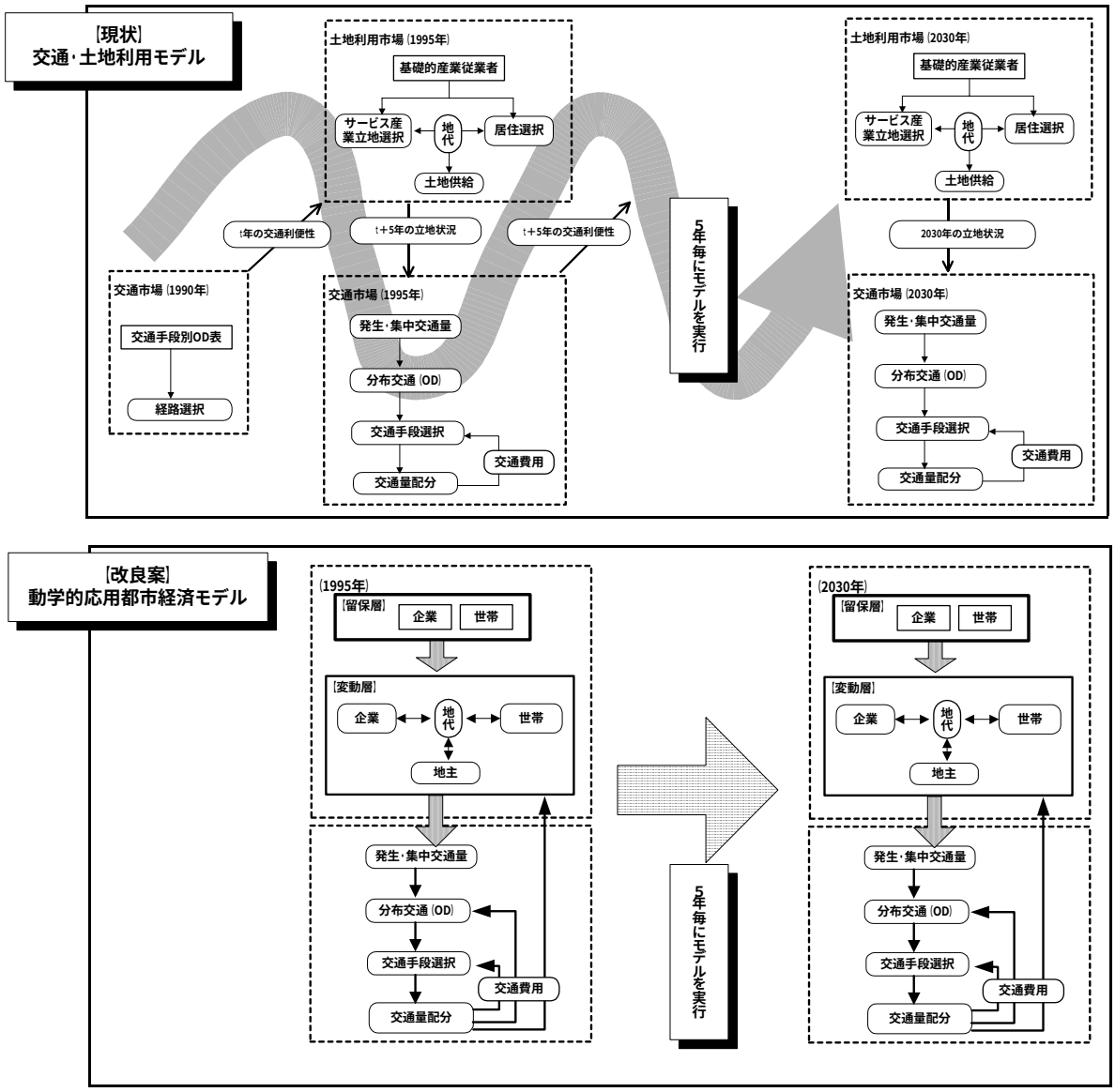
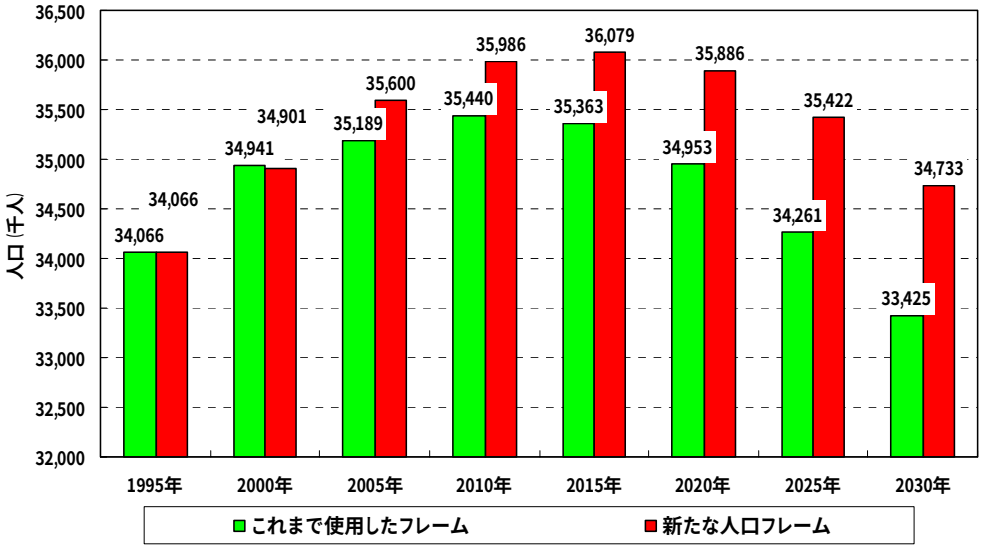


図 ８－２　動学的応用都市経済モデルへの拡張イメージ

（3）人口フレーム

- モデルは都市圏全体の総従業者数、総人口、産業構造等の基本フレームによって結果が大きく異なる。これらについての感度分析を行っていく必要がある。
- 平成 14 年 3 月には新たな「都道府県の将来推計人口」が発表されており、本調査で使用しているフレーム（平成 9 年推計の「都道県の将来推計人口」）と若干異なり、本調査の対象地域である東京圏＋茨城県の人口は前回と比較して、2025 年で約３％増加している。
- これらを考慮しつつ、人口、従業者のフレームを±5%程度で感度分析を行っていくことが必要である。



注１）モデル対象地域全体（1 都 3 県＋茨城南部）の人口比較。
注２）『これまでのフレーム』とは 1995 年国勢調査をベースとした人口フレームであり、昨年度の使用していた値である。
『新たな人口フレーム』とは 2000 年国勢調査をベースとした人口フレームである。

図 ８－３　人口フレームの比較

８－２ 土地利用モデルの改良

（１）効用関数の変更

- 現状の土地利用・交通モデルの世帯、企業の効用関数は間接効用関数を線形と仮定していた。そのため、各ゾーンで所得を同値とした場合、ロジットモデルへの変換過程で所得が相殺される構造である。
- また、Varian によると間接効用関数を仮定しても問題は無いとしているが、モデル化のプロセスでは直接効用関数から導いた方が望ましいと考えられる。
- そのため、上田・武藤モデルを参考にしつつ、効用関数を改良していく。

（２）立地選択モデルでの留保層の考慮

- 現在の SIMP モデルや既存の土地利用モデルでは、対象地域の世帯、企業等の全ての主体を立地配分する場合が多い。しかしながら、実際には t 期から t+1 期の間に対象地域の全ての主体が立地点を変更するわけではない。
- そこで、本モデルでは青山ら[37]のモデルと同様に主体を立地動態別に「留保層」と「変動層」に分類し、変動層のみを立地配分対象とする。

１）人口分布（留保人口の考慮）

- 通常の人口予測で用いられるコーホート法では「将来の出生率」「将来の生存率」「将来の出生性比」「将来の純移動率」を仮定して推計される。これらを考慮し、ゾーン固有の留保層を設定し、移動層のみで立地選択が行われる構造とする。
- 通常の人口予測で用いられるコーホート法では「将来の出生率」「将来の生存率」「将来の出生性比」「将来の純移動率」を仮定して推計されるが、本調査では「国勢調査」における「人口移動集計データ 」を用いて『留保率』を設定する。

２）従業者分布（留保従業者数の考慮）

- 従業者数の立地選択は製造業等の「基礎的従業者数」を外生的に、「サービス産業」を内生的に決定する構造となっていたが、首都圏内の従業者は製造業従業者でも工場勤務者は少なく、多くはオフィスワーカーであることを考慮し、全従業者数において「留保層」「移動層」を設定して移動層に関して立地選択モデルを適用する。
- 従業者数の場合、人口分布と異なり、出生率等のデータが無く、「存続率」を仮定することが困難であるが、過年度の移動データを用いて存続率を設定する。具体的には 1995 年～2000 年までの移動しなかった従業者数である。
- 「存続率」は事業所統計から得られるデータから 5 年換算にして算定し、使用する。

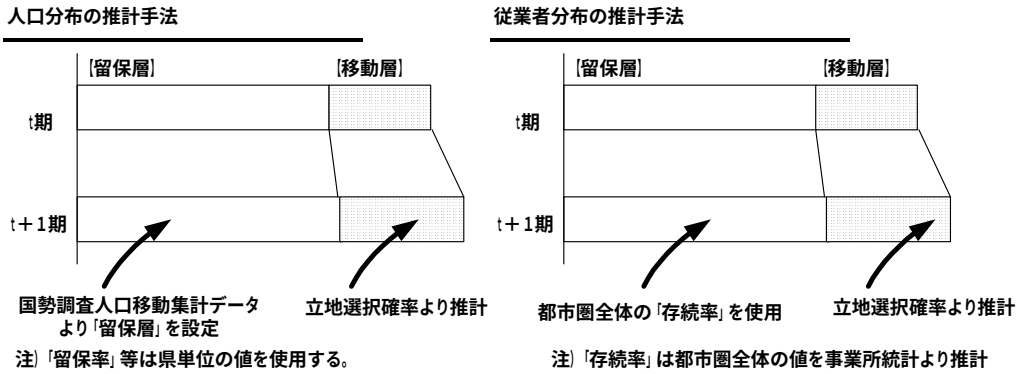


図 ８－４ 人口、従業者の留保層の設定

[37] 青山、中川「立地変動を考慮した実用的な土地利用・交通モデルの構築（2000 年）」

（3）土地供給

- 現状の SIMP モデルでは土地供給量を課税ベースの「宅地」を用いており、将来も変化しないと仮定していた。このため区画整理事業等の新規宅地供給を考慮しておらず、交通基盤整備沿線の土地供給を考慮していなかった。
- 区画整理事業を考慮する場合、多くは段階的に供用され、供用年次を把握することは困難な状況である。また、当該事業に既存の宅地が含まれている状況もあるため、宅地面積に単純に区画整理事業を足し合わせると実態と不整合が生じる。
- そこで、本調査では土地供給量に「市街化区域」を用い、将来にわたって一定とする。これは今後、スプロール化による市街化区域の拡大は基本的に行わず、区画整理事業は市街化区域の中で行われると仮定するためである。
- また、「宅地」は土地を利用した需要量である。土地の供給量としては計画区域である「市街化区域」を使用することが望ましいと考えられる[38]。

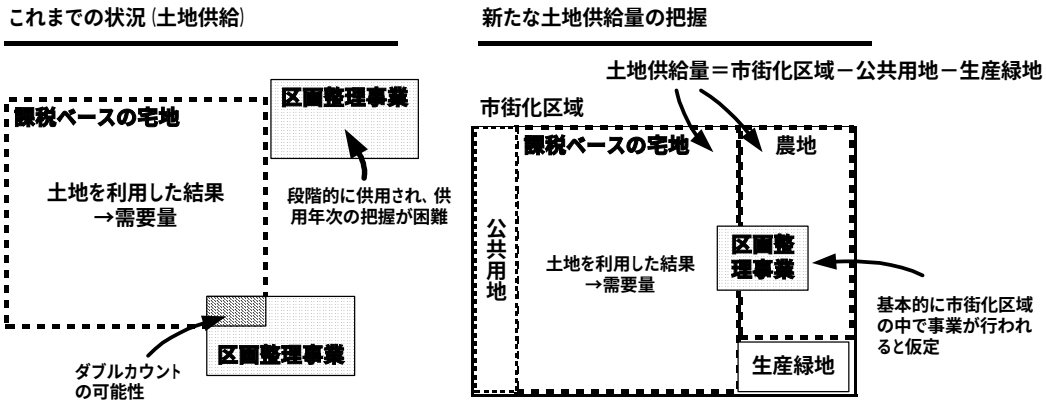


図 8－5　土地供給の考え方

（4）建物開発者の行動モデル導入の検討

- 現在の土地利用・交通モデルでは世帯、企業、地主の３主体の行動を考慮している。そのため、都市施策として建物容積率等を考慮することが困難である。
- そのため、上田・武藤モデルを参考に、建物開発者の行動も考慮していくことが必要と考えられる。
- しかしながら、建物床面積等のデータ収集の可能性等もあり、本調査ではまず、モデル化の可能性を検討していく。その検討後、導入可能と判断した場合にモデル化を行う。

8－3 交通モデルの改良

（1）交通手段選択モデル

- 現状での交通手段選択モデルは、「徒歩・二輪」「乗用車」「公共交通機関」の 3 機関でバイナリーチョイス型のモデルを使用していたが、SIMP モデルのゾーニングは区市町村ベースであり、ゾーン間移動では「徒歩・二輪」は僅かであり、交通手段分析には適用でないと考えられる。また、最近の同規模のモデル[39]でも「徒歩・二輪」は含まれていない。
- これらのことを考慮し、本調査では「乗用車」「公共交通」の 2 手段で選択行動を分析する。

---

[38] 現状の SIMP モデルでは将来見込まれる人口減少時代を想定し、今後、宅地供給は現在以上には行われないと仮定していたため、土地供給に宅地面積を用いた。

[39] 例えば、「立地変動を考慮した実用的な土地利用・交通モデルの構築　青山、中川　土木学会論文集（2000）」「誘発交通を考慮した混雑地域における道路整備の利用者便益推定　円山、原田、太田　第 25 回土木計画学研究発表会 春大会, 2002.6.」