

5. 土地利用・交通モデルの構築

5-1 土地利用・交通モデルの全体構造

狭域モデルの全体構造は下図の通りである。土地利用モデルから出力される土地利用条件（人口分布や従業者分布）を交通モデルに入力し、交通モデルから自動車走行台キロ等を出力、これに基づき自動車からのCO2排出量を算出する構造である。

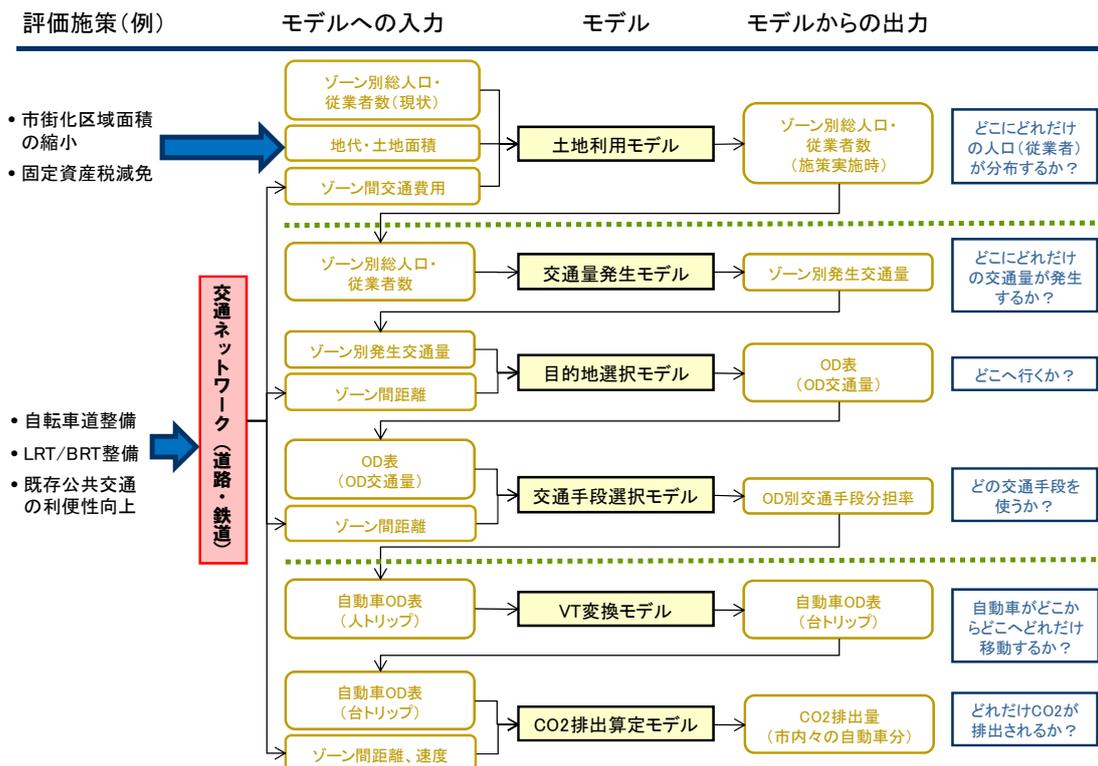


図 5-1 土地利用・交通モデル(狭域版)の全体構造

5-2 土地利用モデル

(1) 土地利用モデルの概要

土地利用モデルは、土地の需要と供給が合致する土地市場の均衡モデルである⁸。均衡への調整は価格（地代）を介して行われる。行動主体は家計、企業、地主の3主体であり、土地市場は住宅地と業務地の2市場である。

家計は代表的1人であり、予算制約下で効用最大化問題を解くことで、1人当たりの面積（敷地面積）が導出され、また、立地に関する効用最大化問題を解くことで、立地ゾーンが選択される。そして、立地ゾーンにおける人口と敷地面積を乗じることで住宅地の需要量が算出される。一方、企業も代表的1人の従業者であり、生産技術制約下で利潤最大化問題を解くことで1人当たりの面積が導出され、家計と同様に立地ゾーンが選択される。そして、立地ゾーンにおける従業者数と1人当たり面積を乗じることで業務地の需要量が算出される構造である。

地主は土地の価格に応じて住宅地と業務地の土地の供給量を定める。前述の家計と企業の土地需要量と地主からの土地供給量が合致するところが均衡状態であり、変化が生じた際には均衡状態に至るまで計算される。

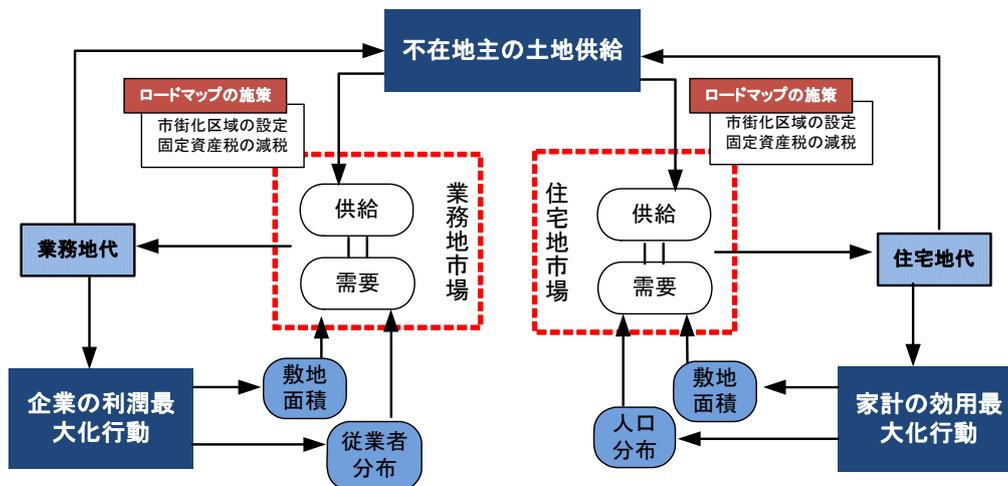


図 5-2 土地利用モデルの構造

⁸ このように人口や従業者の分布、交通、地価等の都市圏における諸現象を定量的かつ総合的に取り扱い、都市現象のメカニズムを分析する試みは、土地利用・交通モデルあるいは都市モデル等として発展してきた。これらのモデルに関するレビューとしては、例えば上田（2010）「Excelで学ぶ地域・都市経済分析」等がある。

(2) 定式化

1) 家計の行動モデル

①財消費行動

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

$$V_i^n(q_i^n, r_i^H, I_i^n) = \max[\alpha_z^n \ln z_i^n + \alpha_x^{Hn} \ln x_i^{Hn} + \alpha_l^{Hn} \ln l_i^{Hn}]$$

$$s.t. \quad Z_i^n + q_i^H x_i^{Hn} + r_i^H l_i^{Hn} = w\Omega^n - q_i^c = I_i^n$$

i : ゾーンを表す添え字、 n : 年齢階層を表す添え字

Z_i^n : 年齢階層 n のゾーン i の一人当たり合成財消費量

x_i^{Hn} : 年齢階層 n のゾーン i の一人当たり私事トリップ消費量 (トリップ数)

l_i^{Hn} : 年齢階層 n のゾーン i の一人当たり土地面積、 q_i^H : ゾーン i の私事トリップ費用 (円)

q_i^c : ゾーン i の通勤トリップ費用 (円)、 r_i^H : ゾーン i の住宅地地代

$\alpha_z^n, \alpha_x^{Hn}, \alpha_l^{Hn}$: 年齢階層 n の支出配分パラメータ ($\alpha_z^n + \alpha_x^{Hn} + \alpha_l^{Hn} = 1$)

I_i^n : 年齢階層 n のゾーン i の一人当たり所得、 V_i^n : 年齢階層 n のゾーン i の (間接) 効用関数

w : 家計の賃金率 (時間価値、円/時間)、 Ω^n : 年齢階層 n の一人当たり総利用可能時間 (固定)

(1)式の効用最大化問題を解くことにより、土地消費量、間接効用関数が導出される。

$$l_i^{Hn} = \frac{\alpha_l^{Hn}}{r_i^H} \cdot I_i^n$$

$$V_i^n = \ln(I_i^n) - \alpha_x^{Hn} \ln(q_i^H) - \alpha_l^{Hn} \ln(r_i^H) + C^n$$

$$C^n = \alpha_z^n \ln(\alpha_z^n) + \alpha_x^{Hn} \ln(\alpha_x^{Hn}) + \alpha_l^{Hn} \ln(\alpha_l^{Hn})$$

ここで、私事トリップ費用と通勤トリップ費用は、発生ベースの費用をトリップ数で重みづけした加重平均を用いて下式の通りとする。

$$q_i^H = \sum_j \left[\frac{Q_{ij}^H}{Q_i^H} \cdot \sum_k \left(\frac{Q_{ijk}^H}{Q_{ij}^H} \cdot w t_{ij}^k \right) \right]$$

$$q_i^c = \sum_j \left[\frac{Q_{ij}^c}{Q_i^c} \cdot \sum_k \left(\frac{Q_{ijk}^c}{Q_{ij}^c} \cdot w t_{ij}^k \right) \right]$$

i : 発ゾーンを表す添え字、 j : 着ゾーンを表す添え字、 k : 交通手段を表す添え字

q_i^H : ゾーン i の私事トリップ費用 (円)、 q_i^c : ゾーン i の通勤トリップ費用 (円)

t_{ij}^k : i 着間の手段 k のゾーン間一般化費用⁹ (時間)、 w : 家計の賃金率 (時間価値、円/時間)

Q_i : i 発の全 OD、全手段のトリップ数 (H: 私事 C: 通勤)

Q_{ij} : i 着間の全手段のトリップ数 (H: 私事 C: 通勤)

Q_{ijk} : i 着間の交通手段 k のトリップ数 (H: 私事 C: 通勤)

②立地行動

立地選択行動は、ロジットモデルにより下記の通り定式化する。これにより求まる立地選択確率を総人口に乗じることで、ゾーン別の人口を算出する。

⁹ 一般化費用とは、運賃・料金のほか、所要時間に時間価値を乗じたものなど、移動にかかる諸要因を貨幣換算したものを合計したもの。

$$P_i^{Hn} = \frac{\exp \theta^{Hn} (V_i^n + \tau_i^{Hn})}{\sum_i \exp \theta^{Hn} (V_i^n + \tau_i^{Hn})}$$

$$N_i^n = P_i^{Hn} \cdot N_T^n$$

P_i^H : 立地選択確率、 N_i : 各ゾーンの人口、 N_T : 全国の総人口

θ^H : 立地選択モデルのロジットパラメータ、 V_i : 効用水準（間接効用関数）

τ_i^H : 間接効用関数に含まれていない要因

家計の土地需要量 D_i^H は、上で求めたゾーンの立地者数に 1 人当たり土地面積を乗じて以下のように表される。

$$D_i^H = l_i^H \cdot N_i^n$$

2) 企業の行動モデル

① 財生産行動

企業は代表的 1 人の従業者とし、土地（業務用地）、業務トリップを投入して、生産技術制約の下で利潤が最大となるように生産を行っているものとし、生産関数をコブ・ダグラス型技術¹⁰により特定化した。

$$\prod_i^{Bs} \max_{a_i^{Bs}, x_i^{Bs}} [Z_i^{Bs} - r_i^B a_i^{Bs} - q_i^B x_i^{Bs}]$$

$$st. \quad Z_i^{Bs} = \eta_i^s (a_i^{Bs})^{\beta_a^s} (x_i^{Bs})^{\beta_x^s}$$

Z_i^{Bs} : 産業 s のゾーン i の一人当たり合成財生産量

a_i^{Bs} : 産業 s のゾーン i の一人当たり業務用土地投入量

x_i^{Bs} : 産業 s のゾーン i の一人当たり業務トリップ投入量、 r_i^B : ゾーン i の業務用地代

q_i^B : ゾーン i の旅客業務トリップ費用、 η_i^s : 産業 s のゾーン i の生産効率パラメータ

β_a^s, β_x^s : 産業 s の配分パラメータ

上式より、企業の生産要素需要である土地投入量 (l_i^{Bs}) が以下のように求められる。

$$l_i^{Bs} = \left\{ \frac{1}{\eta_i^s} \left(\frac{r_i^{Bs}}{\beta_a^s} \right)^{1-\beta_x^s} \left(\frac{\beta_x^s}{q_i^B} \right)^{-\beta_x^s} \right\}^{\frac{1}{\beta_a^s + \beta_x^s - 1}}$$

上式を生産関数に代入すると、利潤関数が下式のように導出される。

$$\prod_i^{Bs} = (1 - \beta_a^s - \beta_x^s) (\eta_i^s)^{\frac{1}{1-\beta_a^s-\beta_x^s}} \left\{ \left(\frac{r_i^B}{\beta_a^s} \right)^{\beta_a^s} \left(\frac{q_i^B}{\beta_x^s} \right)^{\beta_x^s} \right\}^{\frac{1}{\beta_a^s + \beta_x^s - 1}}$$

ここで、業務トリップ費用は、家計と同様に、家計と同様、発生ベースのそれぞれの費用をトリップ数で重みづけした加重平均を用いて、下記の通りとする。

$$q_i^B = \sum_j \left[\frac{Q_{ij}^B}{Q_i^B} \cdot \sum_k \left(\frac{Q_{ijk}^B}{Q_{ij}^B} \cdot w_{ij}^k \right) \right]$$

¹⁰ コブ=ダグラス型生産関数とは、 $Y = A K^\alpha L^\beta$ （ただし、 Y は生産量、 K は資本投入量、 L は労働投入量）で表される生産関数である。 $\alpha + \beta = k$ のとき k 次同次関数 (K, L を n 倍すると Y が n の k 乗倍になる) となるという便利な性質を有するため、生産関数としてよく用いられる。

i : 発ゾーンを表す添え字、 j : 着ゾーンを表す添え字、 k : 交通手段を表す添え字
 q_i^B : ゾーン i の業務トリップ費用 (円)、 t_{ij}^k : ij 間の手段 k のゾーン間一般化費用 (時間)
 w : 家計の賃金率 (時間価値、円/時間)、 Q_i^B : i 発の全 OD、全手段の業務目的トリップ数
 Q_{ij} : ij 間の全手段の業務目的トリップ数、 Q_{ijk} : ij 間の交通手段 k の業務目的トリップ数

②立地選択

立地選択行動はロジットモデルにより下記の通り定式化する。これにより求まる立地選択確率を総従業者数に乘じることで、ゾーン別の従業者数を算出する。

$$P_i^{Bs} = \frac{\exp \theta^{Bs} \left(\prod_i^s + \tau_i^{Bs} \right)}{\sum_i \exp \theta^{Bs} \left(\prod_i^s + \tau_i^{Bs} \right)}$$

$$E_i^s = P_i^s \cdot E_T^s \quad (1-17)$$

P_i^{Bs} : 産業 s 別の立地選択確率、 E_i : 各ゾーンの立地従業者数、 E_T : 総従業者数
 θ^B : 立地選択モデルのロジットパラメータ、 Π_i : 効用水準 (利潤関数)
 τ_i^B : 利潤関数に含まれていない要因

企業の土地需要量 D_i^{Bs} は、上で求めたゾーンの立地者数に 1 人当たり土地面積を乘じて以下のように表される。

$$D_i^{Bs} = l_i^{Bs} \cdot E_i^s$$

3) 地主の行動モデル

不在地主は、家計及び企業に対して、それぞれ住宅地及び業務地を供給する。その際、地主の土地供給関数は、利潤最大化問題を解くことで下記のように導かれる。

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

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

y_i^H : 居住用土地供給、 y_i^B : 業務用土地供給、 y_i^{HO}, y_i^{BO} : 土地供給可能面積
 σ_i^H, σ_i^B : パラメータ、 r_i^H : 住宅地代、 r_i^B : 業務地代

4) 均衡条件

土地市場均衡条件は以下のとおりである。

①住宅地市場

$$y_i^H = \sum_n D_i^{Hn} \quad \text{【住宅地市場での需給一致】}$$

②人口

$$\sum_i N_i^n = N_t^n \quad \text{【総家計数制約】}$$

③業務地市場

$$y_i^B = \sum_s D_i^{Bs} \quad \text{【業務地市場での需給一致】}$$

④従業者

$$\sum_i E_i^s = E_T^s \quad \text{【総従業者数制約】}$$

(3) データセット

1) 家計の行動モデルのパラメータ設定

家計の行動モデルで利用するパラメータの設定値は下表の通りである¹¹。

i) 柏市

表 5-1 家計の行動モデルのパラメータ (柏市)

| | モデルの記号 | 65歳未満 | 65歳以上 |
|---------------|-----------------|--------|--------|
| 合成財の支出配分パラメータ | α_{z}^n | 0.812 | 0.755 |
| 交通の支出配分パラメータ | α_x^{hn} | 0.026 | 0.059 |
| 土地の支出配分パラメータ | α_1^{hn} | 0.161 | 0.186 |
| C (パラメータから計算) | C^n | -0.558 | -0.692 |

ii) 青梅市

表 5-2 家計の行動モデルのパラメータ (青梅市)

| | モデルの記号 | 65歳未満 | 65歳以上 |
|---------------|-----------------|--------|--------|
| 合成財の支出配分パラメータ | α_{z}^n | 0.814 | 0.768 |
| 交通の支出配分パラメータ | α_x^{hn} | 0.025 | 0.047 |
| 土地の支出配分パラメータ | α_1^{hn} | 0.161 | 0.186 |
| C (パラメータから計算) | C^n | -0.553 | -0.659 |

iii) 徳島市

表 5-3 家計の行動モデルのパラメータ (徳島市)

| | モデルの記号 | 65歳未満 | 65歳以上 |
|---------------|-----------------|--------|--------|
| 合成財の支出配分パラメータ | α_{z}^n | 0.809 | 0.773 |
| 交通の支出配分パラメータ | α_x^{hn} | 0.030 | 0.041 |
| 土地の支出配分パラメータ | α_1^{hn} | 0.161 | 0.186 |
| C (パラメータから計算) | C^n | -0.570 | -0.643 |

iv) 高知市

表 5-4 家計の行動モデルのパラメータ (高知市)

| | モデルの記号 | 65歳未満 | 65歳以上 |
|---------------|-----------------|--------|--------|
| 合成財の支出配分パラメータ | α_{z}^n | 0.801 | 0.759 |
| 交通の支出配分パラメータ | α_x^{hn} | 0.038 | 0.056 |
| 土地の支出配分パラメータ | α_1^{hn} | 0.161 | 0.186 |
| C (パラメータから計算) | C^n | -0.595 | -0.683 |

¹¹ 国民生活時間調査、家計調査年報等をもとにキャリブレーションにより設定。

2) 企業の行動モデルのパラメータ設定

企業の行動モデルで利用するパラメータの設定値は下表の通りである¹²。

i) 柏市

表 5-5 企業の行動モデルのパラメータ（柏市）

| 項目 | モデルの記号 | 設定値 |
|------------------|-----------|-------|
| 土地の支出配分パラメータ | β_1 | 0.033 |
| 業務トリップの支出配分パラメータ | β_x | 0.016 |
| 生産効率パラメータ | η_i | ※ |

※ゾーン別に設定するため省略

ii) 青梅市

表 5-6 企業の行動モデルのパラメータ（青梅市）

| 項目 | モデルの記号 | 設定値 |
|------------------|-----------|-------|
| 土地の支出配分パラメータ | β_1 | 0.033 |
| 業務トリップの支出配分パラメータ | β_x | 0.019 |
| 生産効率パラメータ | η_i | ※ |

※ゾーン別に設定するため省略

iii) 徳島市

表 5-7 企業の行動モデルのパラメータ（徳島市）

| 項目 | モデルの記号 | 設定値 |
|------------------|-----------|-------|
| 土地の支出配分パラメータ | β_1 | 0.033 |
| 業務トリップの支出配分パラメータ | β_x | 0.016 |
| 生産効率パラメータ | η_i | ※ |

※ゾーン別に設定するため省略

iv) 高知市

表 5-8 企業の行動モデルのパラメータ（高知市）

| 項目 | モデルの記号 | 設定値 |
|------------------|-----------|-------|
| 土地の支出配分パラメータ | β_1 | 0.033 |
| 業務トリップの支出配分パラメータ | β_x | 0.033 |
| 生産効率パラメータ | η_i | ※ |

※ゾーン別に設定するため省略

¹² 県民経済計算、事業所企業統計等をもとにキャリブレーションにより設定。

3) 地主の行動モデルのパラメータ設定

①パラメータの設定

※地主の行動モデルで利用するパラメータの設定値はゾーン別に設定するため省略。

②設定方法

i) 住宅地

住宅地のパラメータ σ_i^H は、下式より求める。説明変数の宅地供給面積 $\overline{y_i^H}$ 、宅地供給可能面積 $\overline{Y_i^{HO}}$ 、住宅地の地代（初期値） $\overline{r_i^H}$ は実測値（2005年）を用いる。

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

ii) 業務地

業務地のパラメータ σ_i^B は、下式より求める。説明変数の宅地供給面積 $\overline{y_i^B}$ 、宅地供給可能面積 $\overline{Y_i^{BO}}$ 、地代（初期値） $\overline{r_i^B}$ は実測値（2005年）を用いる。

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

5-3 交通モデル

(1) 交通モデルの概要

1) モデルの構造

交通モデルは、交通量発生モデル、目的地選択モデル、交通手段選択モデルからなる。目的地選択モデルでは、交通手段選択モデルで算出される各ODのアクセシビリティ指標が反映される。なお、ここでのアクセシビリティ指標とは、ログサム変数¹³である。目的地選択モデルと交通手段選択モデルに関しては、2段階ネスティッドロジットモデルとなっている。狭域モデルの交通手段選択では、「乗用車」「公共交通」「自転車」「徒歩」の4つの交通手段を扱う。

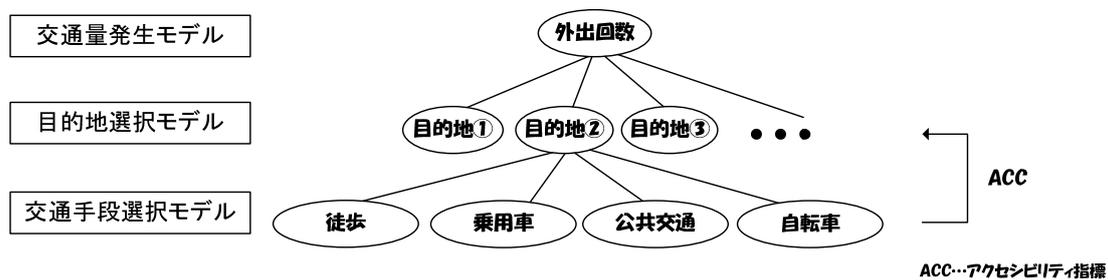


図 5-3 交通モデル

2) セグメント

旅客のみを扱い、目的別（通勤、通学、私事、業務）にモデルを構築する¹⁴。さらに、私事については、年齢階層別（65歳未満・65歳以上）にモデルを構築する。

表 5-9 旅行目的・年齢階層の分類

| | 本業務での分類 |
|------|--------------------|
| 目的 | 通勤、通学、私事、業務 |
| 年齢階層 | (私事のみ) 65歳未満、65歳以上 |

¹³ ログサム変数は、ロジットモデルにおける期待最大効用である。本分析では、交通手段選択モデルにおいて算出されるログサム変数が、目的地選択において考慮される。これは、概念的にはOD別の交通利便性に関する総合的な指標であると考えてよい。(したがって「アクセシビリティ指標」と呼ぶ)

¹⁴ 分析においては帰宅トリップも考慮する(通勤、通学、私事のモデル実行結果をもとに帰宅トリップのODも推計する)。また、モデル定式化上は平日と休日の区別をしていないが、現況の交通量やパラメータ推定の際に平日と休日の両方が考慮されている。

(2) 定式化

1) 交通量発生モデル

目的別のゾーン毎の発生交通量（トリップ数）は、1人（通勤、通学、私事では人口、業務では従業者数）当たり発生交通量を現況で固定とし、下式により求める。なお、式中のゾーン人口またはゾーン従業者数は、土地利用モデルで出力される値を用いる。

$$Q_i^{nm} = POP_i^n \cdot Q_{i_out}^{nm} \quad (\text{通勤、通学、私事})$$

$$Q_i^m = EMP_i \cdot Q_{i_out}^m \quad (\text{業務})$$

Q_i^{nm} : 年齢階層 n 別目的 m 別のゾーン i の発生交通量（トリップ数）

$Q_{i_out}^{nm}$: 年齢階層 n 別目的 m 別のゾーン i の現況の人口または従業者 1 人当たりトリップ数

POP_i^n : 年齢階層 n 別のゾーン i の人口、 EMP_i : ゾーン i の従業者数

2) 目的地選択モデル

目的地選択の確率選択式を下式の通りとする。なお、式中のアクセシビリティ指標は、交通手段選択モデルで算出されるログサム変数である。

$$P_{ij}^{nm} = \frac{\exp(V_{ij}^{nm})}{\sum_{j'} \exp(V_{ij'}^{nm})}$$

$$V_{ij}^{nm} = \theta_1^{nm} \ln S_j^{nm} + \lambda^{nm} ACC_{ij}^{nm}$$

$$ACC_{ij}^{nm} = \ln \sum_k \exp(V_{ijk}^{nm})$$

P_{ij}^{nm} : i 発の年齢階層 n 別目的 m 別の目的地 j の選択確率

V_{ij}^{nm} : 年齢階層 n 別目的 m 別の ij 間の効用

S_j^{nm} : 年齢階層 n 別目的 m 別の目的地 j の集客力指標（目的地 j の従業者数）

ACC_{ij}^{nm} : 年齢階層 n 別目的 m 別の ij 間のアクセシビリティ指標

V_{ijk}^{nm} : 年齢階層 n 別目的 m 別の ij 間の交通手段 k の効用

θ_1^{nm} : 年齢階層 n 別目的 m 別の集客力指標のパラメータ

λ^{nm} : 年齢階層 n 別目的 m 別のアクセシビリティ指標のパラメータ（ログサムパラメータ）

3) 交通手段選択モデル

交通手段選択の確率選択式を下式の通りとする。なお、乗用車の効用関数に組み込まれる変数のうち、市街化区域区分は通勤のみ、運転免許保有率及び1人当たり自動車保有台数は通勤・私事・業務のみ考慮する（それ以外の場合、変数に含めない）。これら変数の選定は、後述の長期予測パラメータ分析に基づいている。

$$P_{ijk}^{nm} = \frac{\exp(V_{ijk}^{nm})}{\sum_{k'} \exp(V_{ijk'}^{nm})}$$

$$V_{ijc}^{nm} = \theta_2^{nm} t_{ij}^c + \beta_1^{nm} u_i + \beta_2^{nm} l_i + \beta_3^{nm} h_i + a_c^{nm}$$

$$V_{ijp}^{nm} = \theta_2^{nm} t_{ij}^p + a_p^{nm}$$

$$V_{ijb}^{nm} = \theta_2^{nm} t_{ij}^b + a_b^{nm}$$

$$V_{ijw}^{nm} = \theta_2^{nm} t_{ij}^w$$

P_{ijk}^{nm} : 年齢階層 n 別目的 m 別の ij 間の交通手段 k の分担率
 ただし $k \in \{c \text{ (乗用車)}, p \text{ (公共交通)}, b \text{ (自転車)}, w \text{ (徒歩)}\}$

V_{ijk}^{nm} : 年齢階層 n 別目的 m 別の ij 間の交通手段 k の効用

θ_2^{nm} : 年齢階層 n 別目的 m 別の一般化費用のパラメータ

$\beta_1^{nm} \sim \beta_3^{nm}$: 年齢階層 n 別目的 m 別のパラメータ

a_c^{nm} : 年齢階層 n 別目的 m 別の乗用車の定数項、 a_p^{nm} : 年齢階層 n 別目的 m 別の公共交通の定数項

a_b^{nm} : 年齢階層 n 別目的 m 別の自転車の定数項

t_{ij}^c : ij 間の乗用車の一般化費用 (時間)、 t_{ij}^p : ij 間の公共交通の一般化費用 (時間)

t_{ij}^b : ij 間の自転車の一般化費用 (時間)、 t_{ij}^w : ij 間の徒歩の一般化費用 (時間)

u_i : i の市街化区域区分 (区域内=1, 区域外=0)

l_i : i の自動車運転免許保有率

(通勤、業務については 16 歳人口当たり、私事については全人口当たり)

h_i : i の 1 人当たり自動車保有台数

(3) パラメータ

各段階のモデルのパラメータ推定の結果と方法を以下に示す。

1) 目的地選択モデル

①推定方法

集計ロジットモデル用の最尤推定法を用いる。

②推定結果

各都市のパラメータ推定結果は、それぞれ下表の通りである¹⁵。

i) 柏市

表 5-10 目的地選択モデルのパラメータ推定結果（柏市）

| | 通勤 | | 通学 | | 私事(65歳未満) | | 私事(65歳以上) | | 業務 | |
|--------------|------|-------|------|-------|-----------|-------|-----------|-------|------|-------|
| | | t値 | | t値 | | t値 | | t値 | | t値 |
| 集客力指標パラメータθ1 | 0.86 | 19.93 | 0.36 | 8.14 | 0.82 | 19.16 | 0.80 | 18.83 | 0.79 | 18.35 |
| ログサムパラメータλ | 0.82 | 9.25 | 0.77 | 12.05 | 0.94 | 11.91 | 0.96 | 6.88 | 0.88 | 5.31 |
| サンプル数 | 287 | | 287 | | 287 | | 286 | | 307 | |
| 尤度比 | 0.14 | | 0.17 | | 0.16 | | 0.15 | | 0.21 | |

ii) 青梅市

表 5-11 目的地選択モデルのパラメータ推定結果（青梅市）

| | 通勤 | | 通学 | | 私事(65歳未満) | | 私事(65歳以上) | | 業務 | |
|--------------|------|-------|------|------|-----------|-------|-----------|-------|------|------|
| | | t値 | | t値 | | t値 | | t値 | | t値 |
| 集客力指標パラメータθ1 | 0.99 | 12.19 | 0.27 | 3.20 | 0.84 | 10.17 | 0.81 | 10.17 | 0.72 | 9.10 |
| ログサムパラメータλ | 0.57 | 3.51 | 0.68 | 6.35 | 0.79 | 5.28 | 0.71 | 3.02 | 0.62 | 2.19 |
| サンプル数 | 143 | | 143 | | 143 | | 143 | | 144 | |
| 尤度比 | 0.13 | | 0.12 | | 0.13 | | 0.10 | | 0.08 | |

iii) 徳島市

表 5-12 目的地選択モデルのパラメータ推定結果（徳島市）

| | 通勤 | | 通学 | | 私事(65歳未満) | | 私事(65歳以上) | | 業務 | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-------|-------|
| | | t値 | | t値 | | t値 | | t値 | | t値 |
| 集客力指標パラメータθ1 | 1.06 | 28.11 | 0.812 | 15.23 | 0.892 | 28.54 | 0.846 | 17.91 | 0.913 | 18.11 |
| ログサムパラメータλ | 0.647 | 9.07 | 0.547 | 9.05 | 0.781 | 14.75 | 0.742 | 5.76 | 0.678 | 3.74 |
| サンプル数 | 551 | | 271 | | 797 | | 334 | | 290 | |
| 尤度比 | 0.190 | | 0.231 | | 0.229 | | 0.183 | | 0.160 | |

iv) 高知市

表 5-13 目的地選択モデルのパラメータ推定結果（高知市）

| | 通勤 | | 通学 | | 私事(65歳未満) | | 私事(65歳以上) | | 業務 | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-------|-------|
| | | t値 | | t値 | | t値 | | t値 | | t値 |
| 集客力指標パラメータθ1 | 1.06 | 28.11 | 0.812 | 15.23 | 0.892 | 28.54 | 0.846 | 17.91 | 0.913 | 18.11 |
| ログサムパラメータλ | 0.647 | 9.07 | 0.547 | 9.05 | 0.781 | 14.75 | 0.742 | 5.76 | 0.678 | 3.74 |
| サンプル数 | 551 | | 271 | | 797 | | 334 | | 290 | |
| 尤度比 | 0.190 | | 0.231 | | 0.229 | | 0.183 | | 0.160 | |

¹⁵ 表中のサンプル数は、発生トリップのあるゾーン数。徳島市と高知市は両市のサンプルをあわせて一括推定している。

2) 交通手段選択モデル

長期予測パラメータ（後述）の検討の結果得られた下表の値を用いる。通勤および業務については、柏市・青梅市では三大都市圏、徳島市・高知市では地方中核都市圏の値を用いる。

表 5-14 交通手段選択モデルのパラメータ（通勤）

| | 三大都市圏・ 地方中核都市圏・ 地方中核都市圏 | 地方中心都市圏 |
|--------------|-------------------------------|---------|
| 時間パラメータ | -3.090 | -9.220 |
| 公共交通定数項 | 0.052 | -2.510 |
| 自転車定数項 | -0.664 | -1.100 |
| 乗用車定数項 | -1.780 | -4.370 |
| 市街化区域内ダミー | -0.401 | -0.878 |
| 運転免許保有ダミー | 1.280 | 4.610 |
| 自由に使える自動車ダミー | 2.060 | 1.400 |

表 5-15 交通手段選択モデルのパラメータ（通学）

| | (全都市圏共通) |
|---------|----------|
| 時間パラメータ | -2.940 |
| 公共交通定数項 | -1.700 |
| 自転車定数項 | -2.660 |
| 乗用車定数項 | -3.100 |

表 5-16 交通手段選択モデルのパラメータ（私事）

| | (全都市圏共通) | |
|--------------|----------|--------|
| | 65歳未満 | 65歳以上 |
| 時間パラメータ | -4.380 | -2.310 |
| 公共交通定数項 | -1.050 | -0.189 |
| 自転車定数項 | -1.090 | -1.100 |
| 乗用車定数項 | -1.430 | -1.140 |
| 運転免許保有ダミー | 1.150 | 1.530 |
| 自由に使える自動車ダミー | 1.810 | 1.040 |

表 5-17 交通手段選択モデルのパラメータ（業務）

| | 三大都市圏・ 地方中核都市圏 | 地方中核都市圏・ 地方中心都市圏 |
|--------------|-------------------|---------------------|
| 時間パラメータ | -1.820 | -4.200 |
| 公共交通定数項 | -0.860 | -1.740 |
| 自転車定数項 | -0.795 | -1.070 |
| 乗用車定数項 | -1.240 | -1.190 |
| 運転免許保有ダミー | 1.530 | 1.960 |
| 自由に使える自動車ダミー | 1.970 | 0.701 |

(4) 長期予測パラメータの検討

1) 問題意識

土地利用・交通分野の地球温暖化対策としては、自動車から公共交通など他の交通手段への転換をいかに進めていくかが鍵となる。そのため、計画策定に必要となる将来予測の際には、妥当な交通手段選択モデルを構築し、分析を行うことが重要となる。

過年度調査で用いた狭域モデルにおける交通手段選択モデルは、ロジットモデルとしているが、そのパラメータ推定を対象とする都市別に行っていた。これは、各都市の現状のデータに基づいて人々の交通行動（嗜好や価格弾力性等）をモデル化するものであるが、現状の交通行動が変わらないものとして分析を行うので、長くても数年～十数年程度の比較的短期の予測のための計画手法であると言える。

一方で、地球温暖化対策は 2050 年までの長期を視野に入れている。このような長期を視野に入れた予測では、将来の人々の交通行動は大きく変化する可能性も考慮する必要がある。しかしながら、現状の交通行動に基づくパラメータでは、将来の交通行動の変化を扱えず、長期の予測に用いるには限界がある。長期予測のための計画手法は理論的にも整備されているとは言えないが、地球温暖化対策推進の観点からは、長期予測に対応したパラメータ推定のあり方について検討を行う必要があり、本調査において検討を行う¹⁶。また、自治体による計画策定の負担軽減の観点からも、モデルで用いるパラメータを予め用意しておくことの意義は大きい。

¹⁶ 目的地選択モデルに関しては、従来通り、個別の都市でパラメータ推定を行う。目的地選択は、もともと比較的長期の交通行動を想定しているため。

2) 長期予測パラメータの考え方

長期予測といっても、将来の交通行動の予測には多くの不確実性があり、それらの全てを明示的に考慮することは現実的に不可能である。本調査で検討する「長期予測」は、①都市構造や地域特性の変化の考慮、②高齢化に伴う人口構造の変化の考慮、③交通手段選択に関する人々の意識変化の考慮の3点により特徴づけることにする。

①都市構造や地域特性の変化の考慮

数十年単位の長期の議論を想定した場合、将来の都市構造や地域特性は現状とは違うものとなる可能性も考慮する必要がある。

現状の手法では、パラメータ推定を各都市の現状のデータに基づいて行っているため、例えば、現状と大きく異なる（＝現状のデータが存在しない）交通サービスレベルの評価が適切に行えない可能性がある。特に、地方都市では現状、比較的公共交通の整備がなされておらず、分担率も低い。この場合でも、下図のようにロジット曲線を推定すること自体は可能である。ここで、この都市で将来公共交通の整備が進む（＝公共交通利用の所要時間が現状よりも低下する）際の分担率予測を行う際には、通常、現状のデータが不十分な領域でこのロジット曲線による評価を行うことになる。しかし、そのような領域ではモデルの信頼性が十分でなく、適切な評価を行うことができない可能性がある。

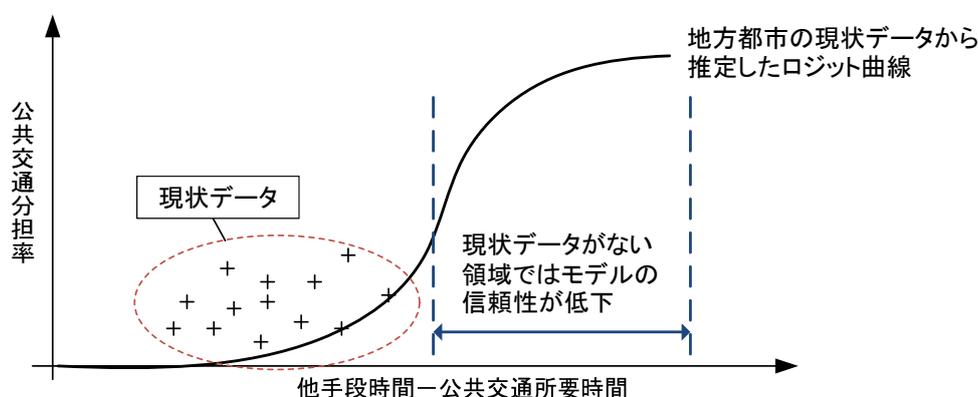


図 5-4 地方都市の現状データに基づくロジット曲線（イメージ）

そこで、比較的公共交通の整備が進んでいる都市圏のデータも合わせて（プールして）パラメータ推定を行うことで、より信頼性の高いモデルが得られると考えられる。ただし、その場合、個々の都市の異質性を無視できない場合には、都市毎の属性も考慮に入れて推定を行う必要があり、そのような方法についても検討する。また、交通サービスレベル以外の都市構造や地域特性を示す変数の扱いについても同様であり、手段分担率に影響を与える妥当な変数の設定についても検討する。

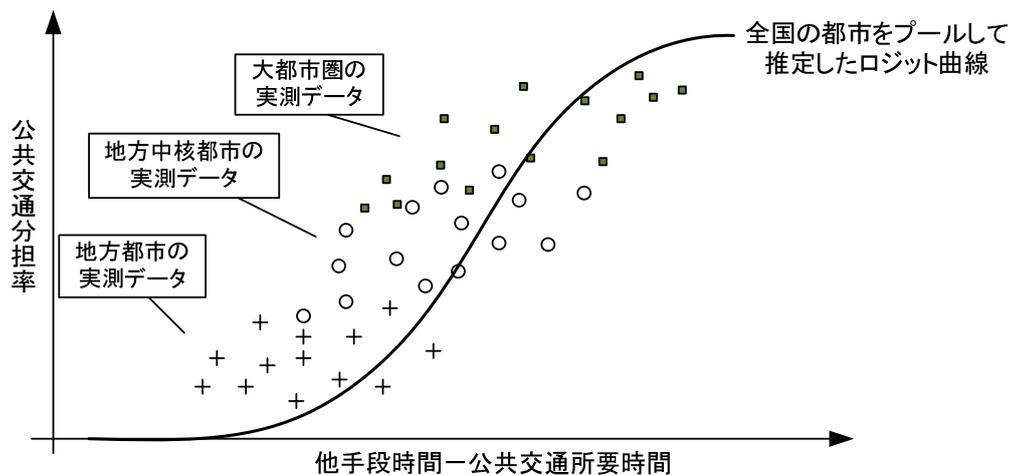


図 5-5 全国都市をプールして推定したロジット曲線 (イメージ)

②高齢化に伴う人口構造の変化の考慮

高齢者と若年者では、交通手段選択行動が異なる。そのため、将来の高齢化により、年齢階層比率が大きく変化することで、都市全体の交通手段選択の傾向も大きく変わり得る。これへの対応として、後の分析で実際に交通手段選択に有意差が見られる目的に関しては、65歳未満/以上に分けてパラメータ推定を行い、モデル構築も年齢階層別に行う。将来予測における年齢構成比は、外生的に与える。

③交通手段選択に関する人々の意識変化の考慮

交通手段選択に関する意識変化には、様々な要因が考えられる。例えば、昨今指摘される若年者の「自動車離れ」があるが、こうした年齢区分によるものは、上記の年齢階層別のパラメータ推定である程度は対応可能である。

一方で、嗜好や環境意識などその他の要因に基づく変化は、根拠とするデータもなく、不確実性が高いためその全てを取り扱うのは不可能である。ただし、環境意識の変化による交通手段選択行動の変化については、モビリティ・マネジメントによる事例の蓄積があり、これらの結果に基づいて、シナリオとしてモデルの効用関数の定数項を調整する等して分析することは可能である。

3) 分析方法

①分析の流れ

長期予測の定義として導入した上記の3つの要素のうち、③交通手段選択に関する人々の意識変化の考慮に関しては必要に応じて外生的な定数項の調整で対処することとして、以降のパラメータ推定は、①都市構造や地域特性の変化の考慮、②高齢化に伴う人口構造の変化の考慮の2つを考慮したもものとして、分析を行う。

具体的には、以下の手順で検討を行う。

i) 年齢階層区分の検討

目的別に、年齢階層（65歳未満／以上）による区分の有意性¹⁷を検討し、年齢階層別にパラメータ推定を行うかどうかを決定する。

ii) 一般化費用以外の説明変数の検討

目的別に、都市構造・地域特性を示す3つのダミー変数（市街化区域内ダミー、運転免許保有ダミー、自由に使える自動車ダミー）を様々な組み合わせで導入した場合の推定結果を比較し、妥当な変数設定を決定する。

iii) 都市規模区分の検討

目的別に、都市規模による区分の有意性を検討し、都市規模別のパラメータ推定を行うかどうかを決定する。

以上の検討では、後に述べるように、全国都市パーソントリップ調査（以下、全国PTという）で入手可能な非集計サンプルを用いる。非集計モデルでは、集計モデルと比較して、生態学的相関が回避できる、パラメータの空間的な転用可能性が高いといった利点がある¹⁸。なお、上記iiで、これら3つのダミー変数を検討するのは、いずれも全国PTの非集計サンプルでこれらの調査結果がひもづけられているためである。

¹⁷ 有意性は、95%信頼区間の重なりの有無で判定している。すなわち、信頼区間に重なりがある場合には有意性はなく、重なりがない場合には有意差ありと判断している。以下同様。

¹⁸ 「やさしい非集計分析」（交通工学研究会編）pp.13-15

②利用データ

全国の都市規模（大都市圏、地方都市等）の異なる複数の市町村について交通手段別のトリップ数や所要時間等を調査した統計データとして全国 PT を用いてパラメータ推定を行う。今回用いる平成 17 年度の全国 PT は、下表の全国 62 都市を対象としている。本検討で都市規模という場合、表中の三大都市圏～地方中心都市圏の分類を指すこととする。

表 5-18 平成 17 年度全国 PT の調査対象都市

| 都市規模 | | 調査対象都市 |
|---------------------------|------|------------------------------|
| 三大都市圏 | 中心都市 | さいたま市、千葉市、東京区部、横浜市、川崎市、名古屋市、 |
| | 周辺都市 | 取手市、所沢市、松戸市、稲城市、堺市、奈良市 |
| | 周辺都市 | 青梅市、岐阜市、春日井市、亀山市、近江八幡市、宇治市 |
| 地方中枢都市圏 | 中心都市 | 札幌市、仙台市、広島市、北九州市、福岡市 |
| | 周辺都市 | 小樽市、千歳市、塩釜市、呉市、大竹市、太宰府市 |
| 地方中核都市圏 (中心都市 40 万人以上) | 中心都市 | 宇都宮市、金沢市、静岡市、松山市、熊本市、鹿児島市 |
| | 周辺都市 | 小矢部市、小松市、磐田市、総社市、諫早市、臼杵市 |
| 地方中核都市圏 (中心都市 40 万人未満) | 中心都市 | 弘前市、盛岡市、郡山市、松江市、徳島市、高知市 |
| | 周辺都市 | 高崎市、山梨市、海南市、安来市、南国市、浦添市 |
| 地方中心都市圏 | — | 湯沢市、伊那市、上越市、長門市、今治市、人吉市 |

ここで、全国 PT と本検討における目的区分および交通手段区分の対応は、それぞれ下表の通りである。

表 5-19 全国 PT と本調査の目的区分

| 全国PTの目的 | 長期予測パラメータ推定の目的 |
|--------------------|----------------|
| 勤務先へ（帰社含む） | 通勤 |
| 通学先へ | 通学 |
| 自宅へ | 帰宅 |
| 買い物へ | 私事 |
| 食事・社交・娯楽へ（日常生活圏内） | |
| 観光・行楽・レジャー（日常生活圏外） | |
| その他私用へ（通院・塾・習い事等） | |
| 送迎 | |
| 販売・配達・仕入・購入先へ | 業務 |
| 打合せ・会議・集金・往診へ | |
| 作業・修理へ | |
| 農林漁業作業へ | |
| その他の業務へ | |

表 5-20 全国 PT と本調査の交通手段区分の対応

| 全国PTの交通手段 | 長期予測パラメータ 推定の交通手段 |
|--------------------|----------------------|
| 徒歩 | 徒歩 |
| 自転車 | 二輪 |
| 原動機付き自転車 (50cc 以下) | |
| 自動二輪車 (50cc 以上) | |
| タクシー・ハイヤー | |
| 乗用車 | 自動車 |
| 軽乗用車 | |
| 貨物自動車 (ライトバン含む) | |
| 軽貨物車 | |
| 自家用バス・貸切バス | |
| 路線バス | 公共交通 |
| モノレール・新交通 | |
| 路面電車 | |
| 鉄道・地下鉄 | |
| 船舶 | ※本調査では使用しない。 |
| 航空機 | |
| その他 | |

本検討では、非集計ロジットモデルとしてパラメータ推定を行うため、全国PTの個票をそのまま個別サンプルとしてパラメータを推定する。パラメータ推定のためのデータセット作成の際には、平日・休日の両方を考慮する（各日数による加重平均で年平均として考慮）。各交通手段の所要時間については、実際に利用した交通手段の所要時間はそのまま用いるが、その他の所要時間については調査されていないため¹⁹、公共交通と自動車に関しては、同じODを移動した別サンプルがあれば、その所要時間を用いる。時点と徒歩に関しては、距離が判明している場合には、距離から所要時間を逆算する（自転車：時速 10km、徒歩：時速 4.8km）。また、自転車及び徒歩に関しては、一定距離以上（自転車：15km超、徒歩：7km超）では利用不可としてパラメータを推定する。

また、検討の ii で用いる 3 つのダミー変数（市街化区域内ダミー、運転免許保有ダミー、自由に使える自動車ダミー）は、全国 PT の個票をもとに下表のように設定する。

表 5-21 全国 PT と本調査の目的区分

| ダミー変数 | 設定方法 |
|--------------|-----------------------------------|
| 市街化区域内ダミー | 出発地が市街化区域内=1、市街化区域外=0 |
| 運転免許保有ダミー | 自動車運転免許（普通または大型）有り=1、無し=0 |
| 自由に使える自動車ダミー | 自由に使える自動車 ²⁰ 有り=1、無し=0 |

¹⁹ 全国 PT では、実際に選択された交通手段についてのみ所要時間が調査されている。

²⁰ 全国 PT では、自動車保有状況に関する調査項目がある。ここでは、回答者が「ほぼ自分専用の自動車がある」を選択した場合に、「自由に使える自動車有り」と見なす。

4) 分析結果

検討の結果、目的別に、それぞれ下表に示すパラメータを採用することとした。(表 5-14から表 5-17の再掲)

表 5-22 交通手段選択モデルのパラメータ (通勤)

| | 三大都市圏・ 地方中枢都市圏・ 地方中核都市圏 | 地方中心都市圏 |
|--------------|-------------------------------|---------|
| 時間パラメータ | -3.090 | -9.220 |
| 公共交通定数項 | 0.052 | -2.510 |
| 自転車定数項 | -0.664 | -1.100 |
| 乗用車定数項 | -1.780 | -4.370 |
| 市街化区域内ダミー | -0.401 | -0.878 |
| 運転免許保有ダミー | 1.280 | 4.610 |
| 自由に使える自動車ダミー | 2.060 | 1.400 |

表 5-23 交通手段選択モデルのパラメータ (通学)

| | (全都市圏共通) |
|---------|----------|
| 時間パラメータ | -2.940 |
| 公共交通定数項 | -1.700 |
| 自転車定数項 | -2.660 |
| 乗用車定数項 | -3.100 |

表 5-24 交通手段選択モデルのパラメータ (私事)

| | (全都市圏共通) | |
|--------------|----------|--------|
| | 65歳未満 | 65歳以上 |
| 時間パラメータ | -4.380 | -2.310 |
| 公共交通定数項 | -1.050 | -0.189 |
| 自転車定数項 | -1.090 | -1.100 |
| 乗用車定数項 | -1.430 | -1.140 |
| 運転免許保有ダミー | 1.150 | 1.530 |
| 自由に使える自動車ダミー | 1.810 | 1.040 |

表 5-25 交通手段選択モデルのパラメータ (業務)

| | 三大都市圏・ 地方中枢都市圏 | 地方中核都市圏・ 地方中心都市圏 |
|--------------|-------------------|---------------------|
| 時間パラメータ | -1.820 | -4.200 |
| 公共交通定数項 | -0.860 | -1.740 |
| 自転車定数項 | -0.795 | -1.070 |
| 乗用車定数項 | -1.240 | -1.190 |
| 運転免許保有ダミー | 1.530 | 1.960 |
| 自由に使える自動車ダミー | 1.970 | 0.701 |

まず、年齢階層別の検討では、私事のみ 65 歳未満／以上で有意差が見られたため、年

年齢階層別にパラメータを推定した。その他の目的に関しては、通勤では65歳以上が全サンプルの2%程度に過ぎず、また通学ではほぼ皆無であることから、年齢階層による区分を行わない。また、業務は65歳以上のサンプルが2割弱あるものの、年齢階層別のパラメータ推定でも有意差はなかったため、年齢階層による区分を設けないこととした。

次に、3つのダミー変数の導入については、各目的でモデルの当てはまり（尤度比やt値）、また符号条件から総合的に判断して、表の通り設定することとした。最後に、都市規模に関しては、通勤と業務に関してのみ、都市規模による有意差が見られたため、表に示す通り、都市を分類してパラメータを設定することとした。

妥当なパラメータの検討は以上であるが、モデルを実行する際には、狭域モデルの交通手段選択モデルはゾーン単位の集計ロジットモデルであるため、ダミー変数をそのまま用いることができない。そこで、モデル実行時には、それぞれ下表のように定義し直したうえで、各変数のパラメータをそのまま用いることとする。

表 5-26 全国PTと本調査の目的区分

| ダミー変数 | モデル実行時の指標 |
|--------------|--|
| 市街化区域内ダミー | 出発地（ゾーン）が市街化区域内=1、市街化区域外=0 |
| 運転免許保有ダミー | 当該市区町村（または都道府県）の自動車運転免許保有率 ²¹ |
| 自由に使える自動車ダミー | 当該市区町村の1人当たり自動車保有台数 ²² |

²¹ 運転免許保有状況については、警察庁が都道府県別のデータを公開している。自治体によっては市区町村のデータを公開。

²² 自動車保有台数については、国土交通省が市区町村別のデータを公開している。

6. 土地利用・交通モデルの適用

6-1 分析の前提

(1) 削減効果の考え方

本調査における狭域モデルは 2005 年のデータに基づいて構築されている。一方、昨年度地域づくりWGで示された土地利用・交通分野の温暖化対策の行程表では 2050 年までを考慮しており、本来はこのような長期的な対策の効果を計測する必要がある。将来のCO2排出量を算出するためには、対象とする未来の時点の道路や公共交通等の交通ネットワークをモデルに入力する必要があるが、それらが不確実であるため²³、計測することはできない。本調査で示す分析は、2005 年時点での対策・施策による削減効果を計測していることになる。（一方、将来推計のための簡易な方法を 6-5 で検討する）

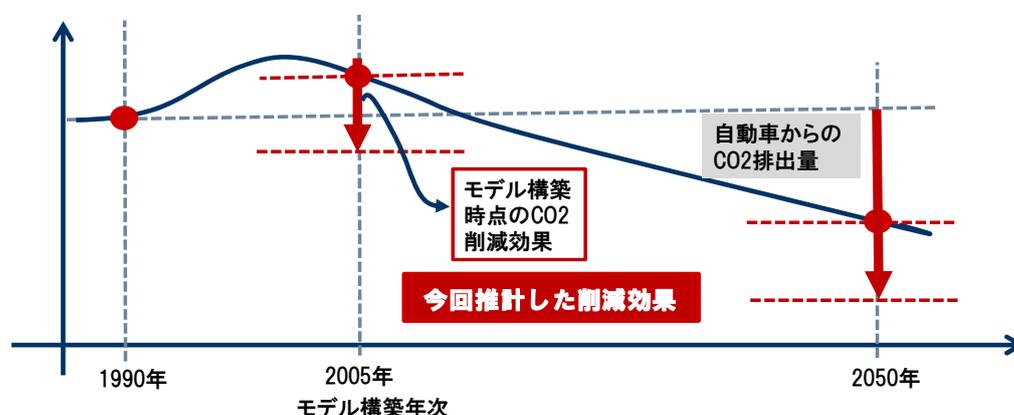


図 6-1 今回推計する削減効果の考え方

(2) 対象トリップ

本調査では、市内々の旅客トリップのみを対象とする。この理由は、以下の通りである。

まず、市内々のみを対象とし、市内外、外内、外々を対象としないのは、実行計画が地方自治体単位であり、一方で市外を通行する交通を制御する場合には、隣接する他自治体との連携が必要になるためである。これは、自治体間の広域連携の意義を否定するわけではなく、むしろ都市間交通もそれなりに多いことをふまえれば対処していくべき課題ではあるが、本調査では、あくまで実行計画策定を想定し、都市内交通のみを分析対象とする。

また、旅客のみを対象とし、貨物を対象としないのは、町丁目間の交通量データが無く

²³ 将来の交通ネットワークに関して、道路については、道路審議会（国土交通省、昭和 62 年 6 月）の答申で高規格幹線道路網の整備方針がある程度示されているものの、年次毎の整備計画は明示されておらず、特定の年次の道路ネットワークを特定することは困難である。また、鉄道に関しては、全国新幹線鉄道整備法（国土交通省）に基づき新幹線やリニア等の計画は示されているが、一方、それ以外の在来線等の将来整備計画については、公表されている場合もあるが（東京圏の都市鉄道についての計画を示した運輸政策審議会答申第 18 号等）、全て公表されているわけではない。

推計も困難であるというデータ上の制約もあるが、そもそも自治体内の貨物交通の場合には、手段転換の余地が小さいことが挙げられる。もちろん積載効率の向上等による削減は可能であるが、この場合には、狭域モデルを用いずとも簡易的な削減効果の推計は可能である（OD 交通量を一律に削減すればよい）。

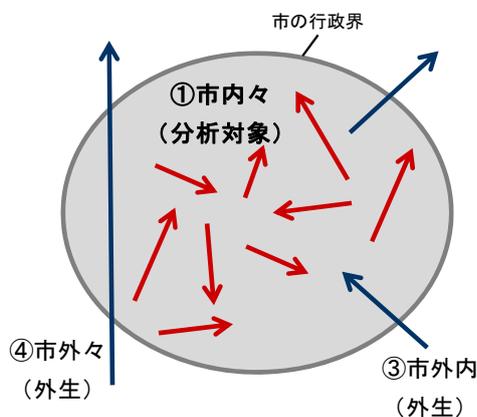


図 6-2 対象トリップ

(3) CO2 排出量の算出方法

交通モデルから出力するゾーン間自動車台トリップ、速度、距離を用いて、CO2 排出量を推計する。全ての OD について CO2 排出量を集計し、市全体の排出量を求める。

$$CO2_{ij} = d_{ij} \cdot l_{ij} \cdot f(v_{ij}), \quad V_{ij} = \frac{l_{ij}}{t_{ij}}$$

$CO2_{ij}$: 乗用車のゾーン ij 間の CO2 排出量

d_{ij} : 乗用車のゾーン ij 間の自動車台トリップ

l_{ij} : ゾーン間 ij の距離 (道路ネットワークより作成)

$f(v_{ij})$: ゾーン ij 間の速度別の乗用車 CO2 排出係数

V_{ij} : ゾーン間 ij の速度 (道路ネットワークより作成)

t_{ij} : ゾーン間 ij の所要時間 (道路ネットワークより作成)

6-2 適用対象都市

(1) 都市の選定理由

モデル適用の対象は、柏市、青梅市、徳島市、高知市の4市とする。これらの都市の選定は、都市規模及び交通量データ作成上の理由による。

まず、都市規模として、いずれも地方中心都市から小～中規模の地方中核都市を選んでいる。これは、昨年度調査における検討より、土地利用・分野における排出削減ポテンシャルが最も大きいと考えられる都市規模である。下図に示すように、自動車由来の1人当たりCO₂排出量は、大都市圏で小さく、小規模の自治体ほど大きくなる傾向にある。三大都市圏などの大規模な都市では、すでに公共交通がある程度利用されており、さらなる削減の余地は小さい。一方で、地方部の人口数万人未満の市区町村では、人口密度が低く、そもそも公共交通の成立が難しい地域が多いと考えられる。今回選定した規模の都市で、土地利用・交通分野の対策・施策による削減効果が最も大きいと期待されるため、これらの都市でケーススタディを実施する。

次に、データ作成上の理由から、すでに交通量データのある都市から2都市、交通量データがなく新規に推計を行う都市として2都市を選ぶ。前者は、東京都市圏パーソントリップ調査を実施している柏市及び青梅市とする。後者は、都市圏パーソントリップ調査はないものの、全国都市パーソントリップ調査対象都市である徳島市及び高知市を選ぶ²⁴。これら2市では、3章で述べた手法により新規に交通量データを作成した。

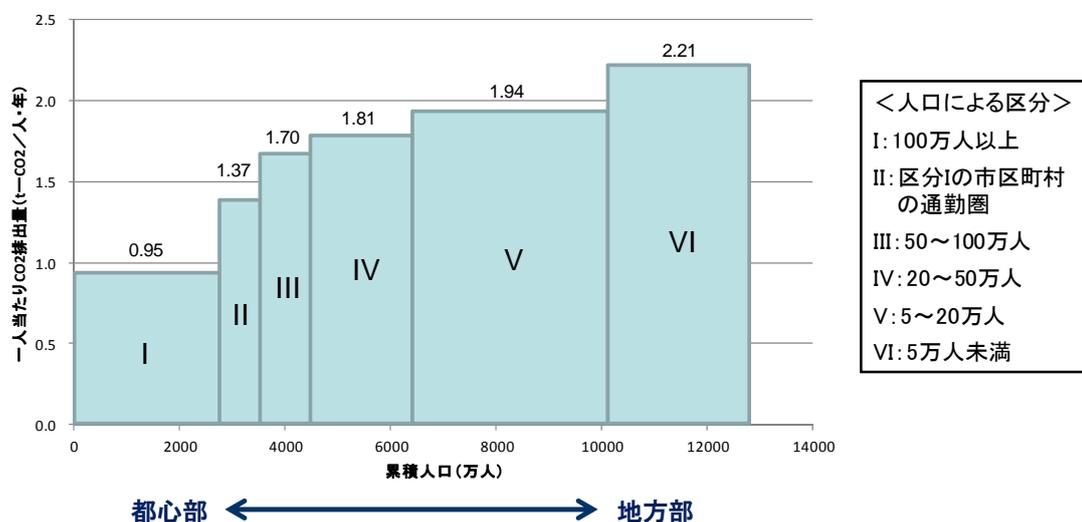


図 6-3 都市規模別1人当たりCO₂排出量

²⁴ 徳島市、高知市は過去に都市圏PTを実施しているが、いずれも実施年度がやや古い（徳島市は平成12年、高知市は平成9年）、本調査では新規に交通量データの推計を行った。

(2) 対象都市の概要

適用対象都市4市の概要は下表の通りである。

前述の通り、いずれも人口規模としては地方中心都市から中核都市である。DID人口密度は、低炭素地域づくりの目標として60人/ha以上とされているが²⁵、4市のうち徳島市のみこの値を下回っている。4章でも見たように、徳島市は市街化区域外にも比較的多くの居住が見られ、土地利用面の対策が重要と考えられる。一方、自動車からの1人当たりCO2排出量は各都市とも1.5t-CO2/人とほぼ同様である。

| | | 柏市 | 青梅市 | 徳島市 | 高知市 |
|-------|-------------------------|--|--|--|--|
| 人口等 | 人口(2005年) | 380,963人 | 142,354人 | 267,833人 | 348,990人 |
| | DID人口密度(2005年) | 87.58人/ha | 62.74人/ha | 51.82人/ha | 63.58人/ha |
| | 人口密度(2005年) | 33.09人/ha | 13.76人/ha | 14.37人/ha | 11.32人/ha |
| | 都市化度(DID人口/総人口) | 0.89 | 0.77 | 0.71 | 0.81 |
| 歴史 | 町の成立 | 東京の衛星都市 (明治以前は寒村) | 宿場町 | 城下町 | 城下町 |
| 産業・商業 | 従業者数(2009年) | 146,518人 | 57,236人 | 149,713人 | 164,984人 |
| | 就業人口構成(2010年) | 第1次産業 1.2% 第2次産業 17.1% 第3次産業 74.0% | 第1次産業 1.0% 第2次産業 28.5% 第3次産業 66.6% | 第1次産業 3.7% 第2次産業 18.5% 第3次産業 72.1% | 第1次産業 3.1% 第2次産業 15.2% 第3次産業 76.9% |
| | 製造品出荷額上位3業種(2010年) | 電気機械器具 19.6% 食料品 14.9% 飲料・たばこ・飼料 11.9% | 電子部品・デバイス 73.5% 電気機械器具 23.2% 輸送用機械器具 10.5% | 化学工業 73.5% 食料品 4.5% 飲料・たばこ・飼料 4.0% | 食料品 20.6% 輸送用機械器具 17.9% 鉄鋼業 13.5% |
| | 小売業年間販売額(2007年)(2004年比) | 4,671.4億円(+6.5%) | 1,130.9億円(-3.6%) | 3,017.8億円(-1.1%) | 3,979.4億円(-2.6%) |
| 交通 | 路面電車 | なし | なし | なし | 土佐電鉄(伊野線、後免線、棧橋線) |
| | 世帯あたり乗用車保有台数(2010年) | 0.92台 | 1.06台 | 1.21台 | 1.00台 |
| | 一人あたり自動車CO2排出量(2005年) | 1.56t-CO2/人 | 1.53t-CO2/人 | 1.42t-CO2/人 | 1.55t-CO2/人 |

図 6-4 適用対象都市の概要²⁶

²⁵ 平成22年度地域づくりWG

²⁶ データの出所は、人口：国勢調査、従業者数：経済センサス、製造品出荷額：工業統計、小売業年間販売額：商業統計。

6-3 評価ケース

(1) 評価施策の設定と考え方

「公共交通機関を骨格としたコンパクトシティ」を実現するための評価施策の考え方は下図のとおりである。地域ごとに様々なバリエーションが考えられるが、主要な対策・施策としては、基本的には、交通面では公共交通機関の充実を図り自動車からの転換を促す一方、土地利用面では中心部の土地利用の高度化と市街地の縮小（高密度化による活動効率の向上）によってメリハリのある都市構造を構築する。

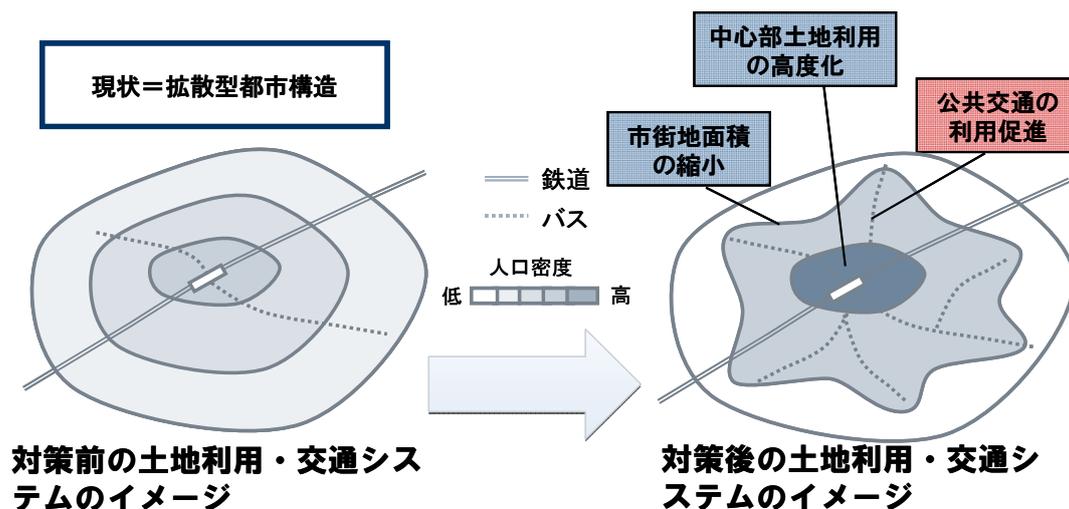


図 6-5 施策の考え方

こうした考え方にに基づき、本調査におけるモデル適用では、下表に示す施策の効果を分析・評価する。

表 6-1 評価ケース一覧

| | 施策 | 内容 |
|---------|---|-----------------------------|
| Case1 | 自転車利用の環境整備 | 二輪の利用速度を 2km/h 増加 |
| Case2 | 既存公共交通(バス・鉄道)の増便 | バス・鉄道頻度 2 倍→待ち時間の短縮 |
| Case3 | 既存公共交通の速度向上 | 公共交通の利用速度を 5km/h 増加 |
| Case4-1 | 郊外の立地規制 (緩やかな規制～完全な規制を想定し、右の3ケースを実施) | 市街化区域外ゾーンの人口・従業者数を 1/2 にする。 |
| Case4-2 | | 市街化区域外ゾーンの人口・従業者数を 1/4 にする。 |
| Case4-3 | | 市街化区域外ゾーンの人口・従業者数を 0 にする。 |
| Case5 | パッケージ施策 | 上記の全て(郊外の立地規制は Case4-3 を適用) |

(2) 評価ケースの内容

1) 自転車利用環境整備 (Case1)

自転車専用レーンの整備等により、自転車速度が向上することを想定する。分析上は、一律に自転車の速度が2km/h増加するものとする。

ここで、模式的に下図のような9ゾーンからなる都市を表現し、一部リンクの自転車専用レーンの整備の有無によって自転車移動の際の平均旅行速度を比較した。通常、自転車の速度は時速10kmとしているが、整備ありでは下図のように一部リンクの自転車の速度を時速15kmとした。これにより下式で求める整備ありでの自転車の平均旅行速度はおよそ時速12kmとなった²⁷。分析上は、一律に自転車の速度が2km/h増加するものとして、このような自転車専用レーンの整備効果を表現する。

$$v_{ave}^w = \frac{\sum_i \left(\sum_j v_{ij_ave}^w \right)}{72}$$

V_{ave}^w : 整備ありの平均速度、 $V_{ij_ave}^w$: 整備ありのij間の平均速度

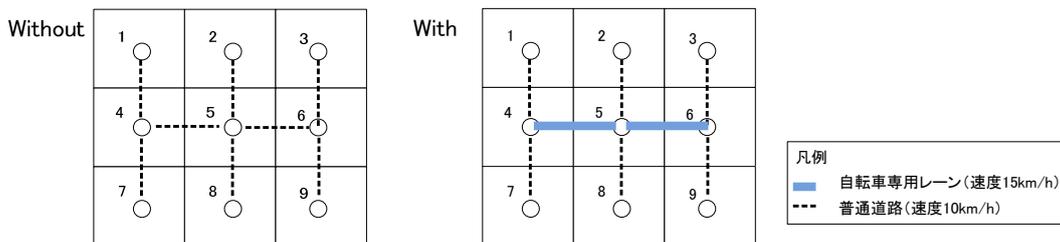


図 6-6 自転車専用レーンの整備

²⁷ この計算ではゾーン内々の平均旅行速度は考慮していない。

2) 既存公共交通の増便 (Case2)

バスの増便については、下図のように待ち時間や乗換えに要する時間を短縮することでモデル化する。(A:バス停での待ち時間、B:バス乗り継ぎの待ち時間、C:バスから鉄道への乗換えの待ち時間)

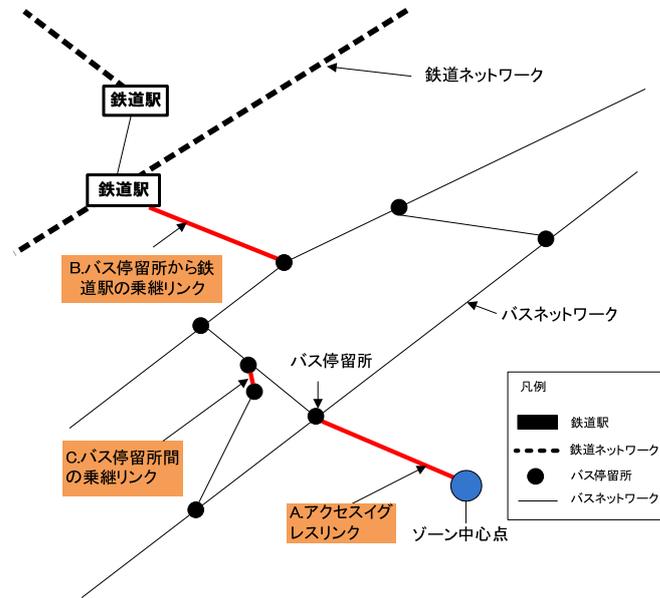


図 6-7 バスの増便

また、鉄道の増便についても、下図のように待ち時間や乗換えに要する時間を短縮することでモデル化する。(A:鉄道乗り継ぎの待ち時間、B:鉄道からバスへの乗換えの待ち時間)

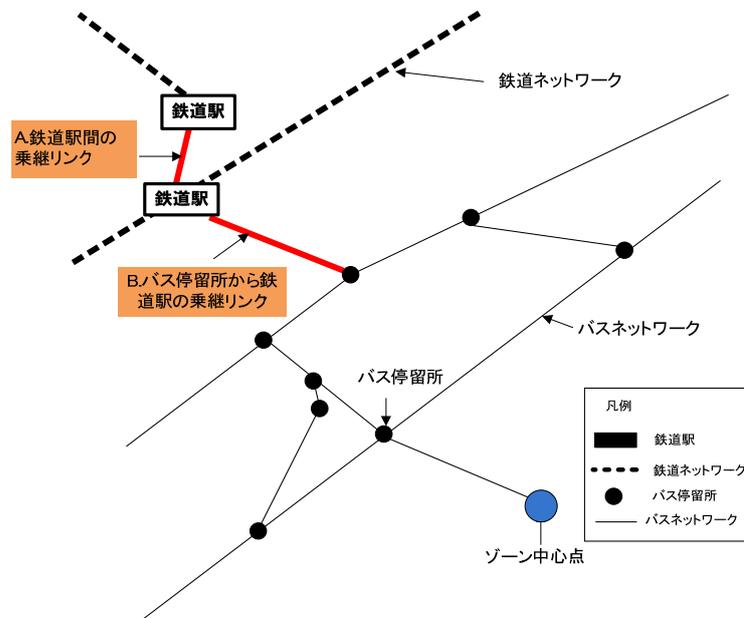


図 6-8 鉄道の増便

3) 郊外の立地規制

3章で設定した市街化区域外ゾーン(下図に再掲)で人口・従業者の立地を規制する。市街化区域外ゾーンの人口・従業者数は各ケースで現状の1/2~0に設定したうえで土地利用モデルを実行する。

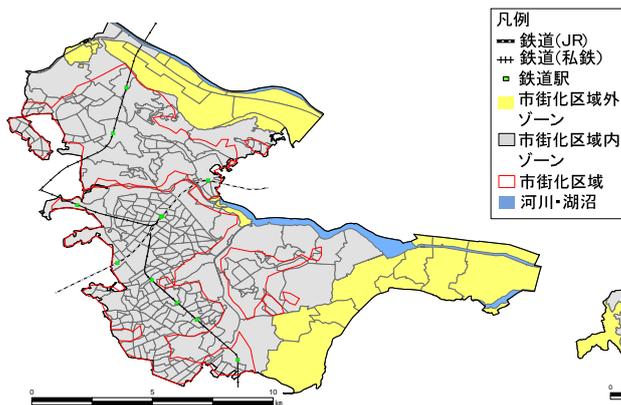


図 6-9 市街化区域外ゾーン(柏市)

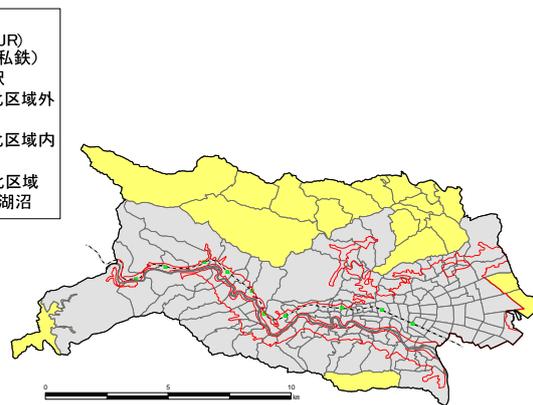


図 6-10 市街化区域外ゾーン(青梅市)

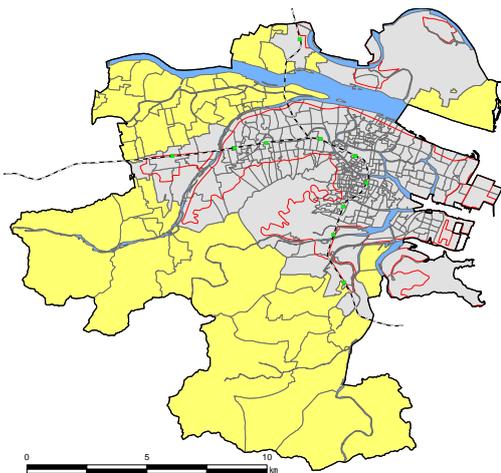


図 6-11 市街化区域外ゾーン(徳島市)

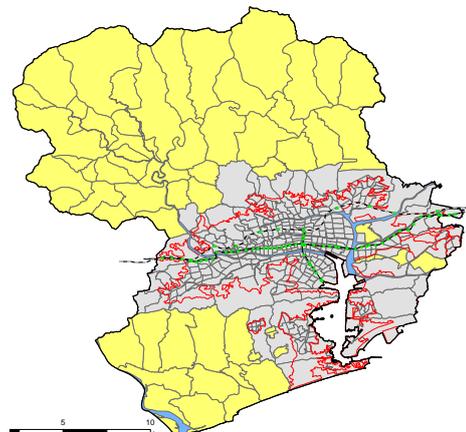


図 6-12 市街化区域外ゾーン(高知市)

6-4 分析結果

(1) 柏市、青梅市（都市圏PTから交通量データを作成する場合）

1) 土地利用の変化

立地規制により、中心部への人口の集約が進む。その程度は、市街化区域外の人口の抑制の程度に従い大きくなる。

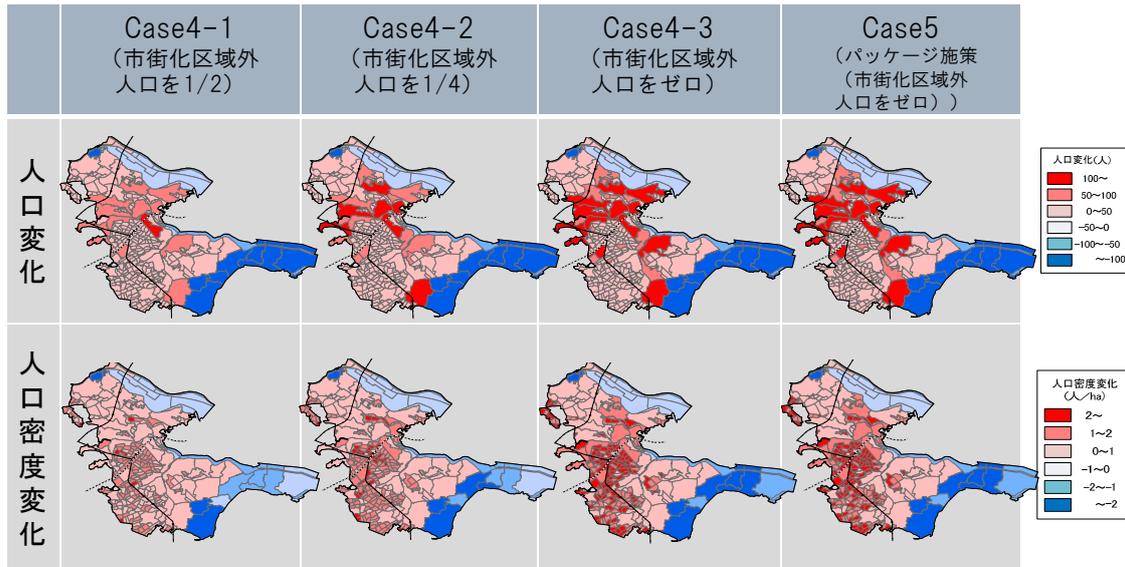


図 6-13 人口および人口密度の変化（柏市）

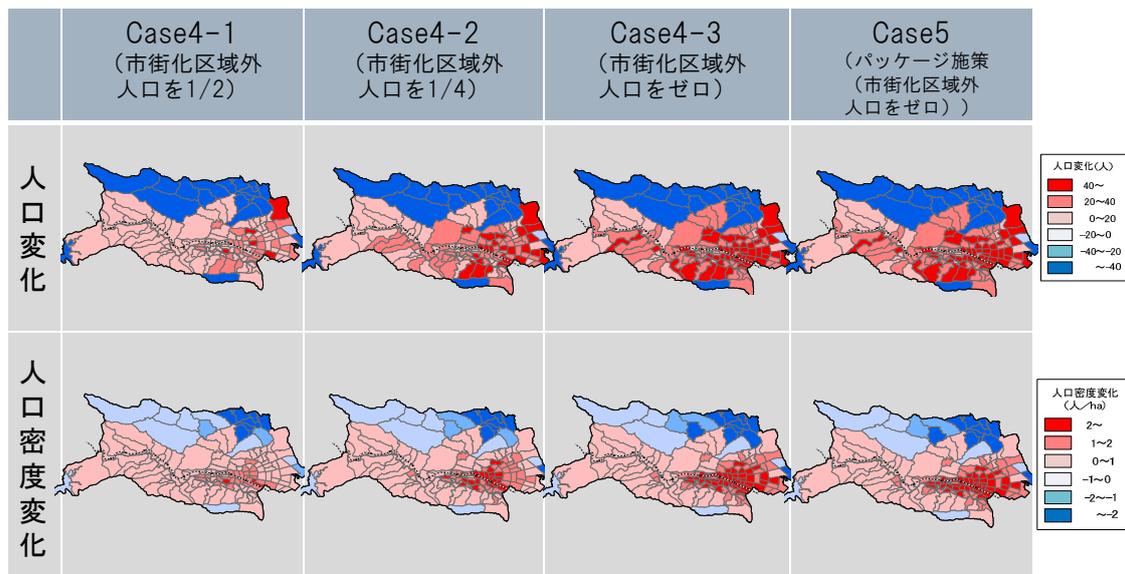


図 6-14 人口および人口密度の変化（青梅市）