

## 第3章 モデルの構築

本章では、第2章で収集・整理したデータ等を元に、東京外かく環状道路をモデルとして、地域間の産業連関等に着眼し、地域ごと・産業分野ごとの生産額の増加等について経済モデルを構築する。

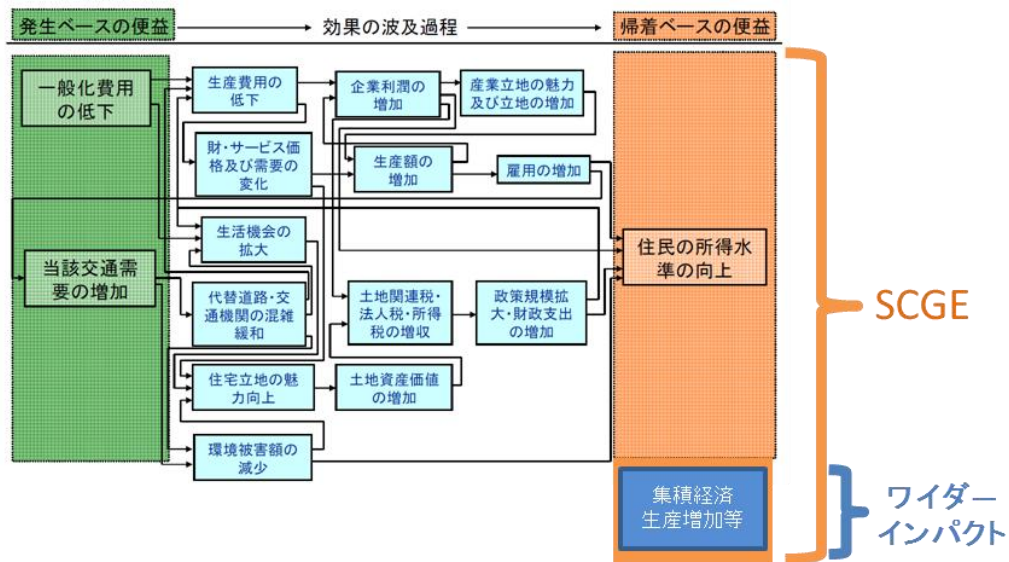
### 3.1 ワイダーインパクト

#### 3.1.1 着眼する効果

発生便益は道路整備による道路利用者が受ける効果であるが、道路整備の産業への影響など経済が受ける帰着便益に着眼することも重要である。

ワイダーインパクトは、従来の費用便益分析マニュアルが対象とする発生便益を計測するのではなく、外部効果を計測する手法である。外部効果とは、発生便益から派生する、産業への生産性向上効果をいう。

下図は発生便益と、帰着便益および外部効果の関係である。帰着便益は外部効果がある場合は、発生便益よりも大きくなる関係にある。本調査では、外環整備によるアクセシビリティの向上によって発生する集積経済の効果を捉えるモデルを構築する。



出典：国土技術政策総合研究所 報告書、国土交通省  
 (<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoku/tnn/tnn0515pdf/ks051504.pdf>) を加工して作成

図 3-1 事業効果の波及過程

発生便益とワイドーインパクト（外部効果）と SCGE 分析で捉える帰着便益には以下の関係がある。

帰着便益（SCGE によって算定される便益）

= 発生便益 + 外部効果（ワイドーインパクトによって算定される便益）

発生便益と帰着便益、外部効果には下図ベン図の大小関係がある。外部効果がない場合は、三日月部分はゼロとなるが、外部効果が発生する場合、発生便益では把握できない三日月部分の効果が生じる。

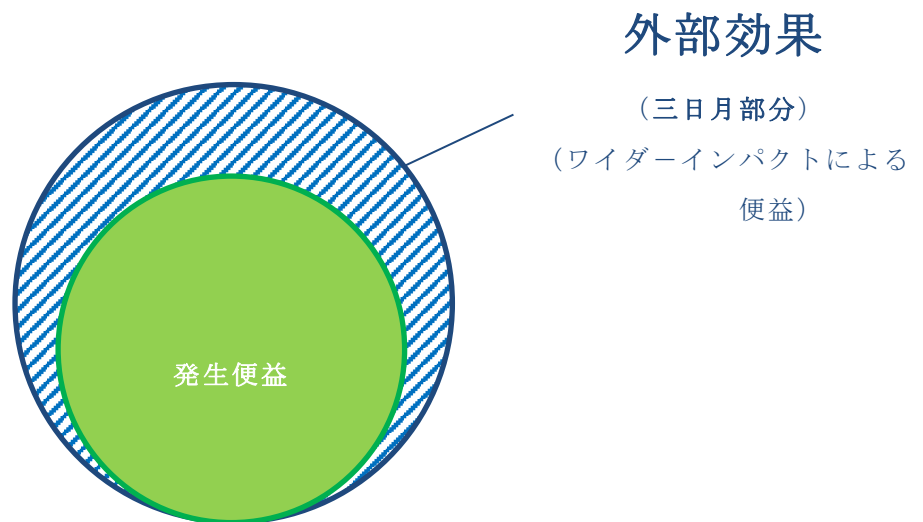


図 3-2 各計測手法における効果の算定領域

(1) 分析フロー

ワイドーインパクトは、交通投資による利便性向上による産業内または産業間で生ずる集積による生産性向上を捉える。交通量配分やセンサス旅行速度より算出されるゾーン間所要時間データと産業別のパラメータや集積係数をインプットとする。

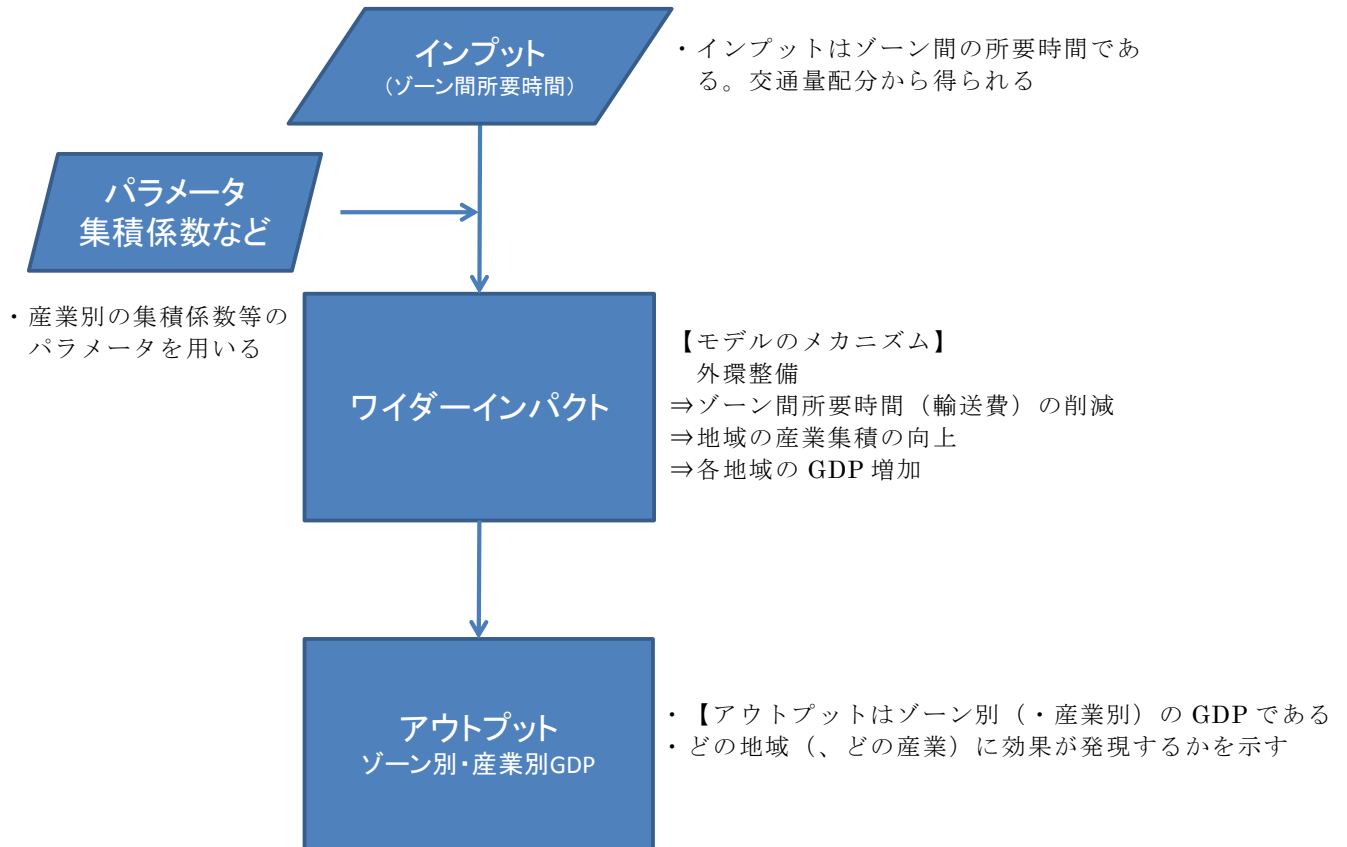


図 3-3 分析フロー

## (2) 集積経済

交通投資による利便性向上による産業内または産業間で生ずる集積による生産性向上を捉える。集積経済は外部性であるため、交通市場外の効果である。

集積経済は下式で定式化される。交通整備前後の有効密度（いわゆるアクセシビリティ。交通利便性指標）の伸び率に、一人あたり GDP と雇用者数を掛け合わせている。ゾーン  $i$  のアクセシビリティの伸びが、ゾーン  $i$  の GDP に影響する。

$$\text{集積経済}_i^{k,f} = \left[ \left( \frac{d_i^{A,k,f}}{d_i^{B,k,f}} \right)^{\rho^k} - 1 \right] GDPW_i^{B,k,f} E_i^{B,k,f}$$

集積経済 = アクセシビリティの伸び × 一人あたり GDP × 雇用者数

$d$  : アクセシビリティ指標（有効密度）、

$\rho$  : 弾力性パラメータ、

$GDPW_i$  : ゾーン  $i$  の一人当たり GDP、

$E_i$  : ゾーン  $i$  の雇用者数、

$S$  : シナリオ (A) 整備後（代替ケース） / (B) 整備前（ベースケース）、

$k$  : 産業部門、

$f$  : 予測年、

$i$  : 発ゾーン、

$j$  : 着ゾーン。

### 3.1.2 モデルの構築

#### (1) 分析枠組み

ここでは、技術的外部性を考慮する場合の完全競争を仮定した一般均衡モデルにより、英国のワイダーインパクトの特に集積経済がどのように定式化されるかを示す。

#### モデルの仮定

- 2地域があり、地域1と地域2は交通で結ばれている。
- 地域1は財1のみを生産する。地域2は財2のみを生産する。
- 各地域は両地域で生産される両財を需要する。両地域で生産される各財が、他地域で需要される場合は iceberg 輸送費  $\tau$  ( $>1.0$ ) がかかる。
- 人口  $L_i$  は地域間で移動しない（短期均衡の枠組み）。
- 資本  $K_i$  は地域間で移動する。資本総量  $\bar{K}$  は一定である ( $K_1 + K_2 = \bar{K}$ )。

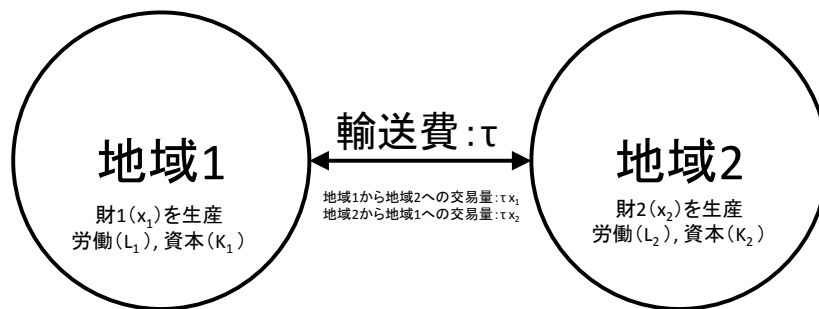


図 3-4 モデルの枠組み

ここでは、上図における地域間交通が整備されたときの外部性（ワイダーインパクト）がどのような要素により構成されるかを代数的に示す。

## 1) 集積経済の導出根拠

### a. 消費者

地域  $r$  の効用関数  $U^r$  は下式の効用関数で表される。

$$U^r(x_1^r, x_2^r) \quad (3.1.1)$$

ここで、 $x_i^r$  : 地域  $r$  の財  $i$  に対する需要である。

予算制約のもと、効用最大化を行う。例として、地域 1 の消費行動は下式の定式化となり、財 2 は地域 2 のみで生産されるため、財 2 の消費には輸送費  $\tau (> 1.0)$  がかかる。

$$\begin{aligned} \max U^1(x_1^1, x_2^1) \\ \text{s.t. } p_1 x_1^1 + \tau p_2 x_2^1 = w_1 L_1 + f \bar{K} \frac{L_1}{L} \end{aligned} \quad (3.1.2)$$

ここで、 $p_i$  : 財  $i$  の価格、 $x_i^r$  : 地域  $r$  の財  $i$  に対する需要、 $w_r$  : 地域  $r$  の賃金、 $L_r$  : 地域  $r$  の労働者数、 $f$  : 資本価格である。

効用最大化問題を解くと、地域  $r$  の間接効用関数  $V^r$  は下式で表現できる。

$$V^1\left(p_1, \tau p_2, w_1 L_1 + f \bar{K} \frac{L_1}{L}\right) \quad (3.1.3)$$

$$V^2\left(\tau p_1, p_2, w_2 L_2 + f \bar{K} \frac{L_2}{L}\right) \quad (3.1.4)$$

### b. 企業

地域  $r$  で生産される財  $r$  の生産  $y_r$  は下式で求められる。ここで生産関数は、技術的外部性  $ACC_r$  (アクセシビリティ) を持つ。 $\alpha_r$  : 労働分配率、 $\gamma_r \geq 0$  : 外部性パラメータである。

$$y_r = (L_r)^{\alpha_r} (K_r)^{1-\alpha_r} (ACC_r)^{\gamma_r} \quad (3.1.5)$$

財  $r$  の利潤  $\Pi_r$  は下式で定式化される。

$$\Pi_r = p_r y_r - w_r L_r - f K_r \quad (3.1.6)$$

上式の利潤関数を全微分する。

$$d\Pi_r = dp_r y_r + p_r dy_r - dw_r L_r - w_r dL_r - df K_r - f dK_r = 0 \quad (3.1.7)$$

一方、生産関数の全微分は下式となる。下式では財価格  $p_r$  を乗じている。

$$p_r dy_r = p_r \frac{\partial y_r}{\partial L_r} dL_r + p_r \frac{\partial y_r}{\partial K_r} dK_r + p_r \frac{\partial y_r}{\partial A_r} dA_r \quad (3.1.8)$$

利潤最大化条件から下式が導かれる。

$$p_r \frac{\partial y_r}{\partial L_r} = w_r \quad (3.1.9)$$

$$p_r \frac{\partial y_r}{\partial K_r} = f \quad (3.1.10)$$

利潤最大化条件を利潤関数に代入すると下式が得られる。

$$d\Pi_r = dp_r y_r + p_r \frac{\partial y_r}{\partial A_r} dA_r - dw_r L_r - df K_r = 0 \quad (3.1.11)$$

### c. 均衡

財1の市場均衡は下式である。財2の輸送に輸送費 $\tau$ がかかる。

$$y_1 = x_1^1 + \tau x_1^2 \quad (3.1.12)$$

財2の市場均衡は下式である。財1の輸送に輸送費 $\tau$ がかかる。

$$y_2 = \tau x_2^1 + x_2^2 \quad (3.1.13)$$

労働市場均衡は下式である。短期均衡の分析の解釈として、地域間で人口は移動しない。

$$L_i = \bar{L}_i \quad (3.1.14)$$

$$dL_i = d\bar{L}_i = 0 \quad (3.1.15)$$

資本市場均衡は下式である。資本は地域間で移動する。

$$K_1 + K_2 = \bar{K} \quad (3.1.16)$$

$$dK_1 + dK_2 = d\bar{K} = 0 \quad (3.1.17)$$

以上の経済でワルラス法則が成立する。ニューメールは資本価格 ( $f=1$ ) とする。

d. 便益

地域 1 および地域 2 の便益 $B^1$ 、 $B^2$ の定義はそれぞれ下式である。 $\lambda$ は所得の限界効用である。

$$B^1 \equiv \frac{dV^1}{\lambda} = \frac{V_{p_1}}{\lambda} dp_1 + \frac{V_{\tau p_2}}{\lambda} dp_2 \tau + \frac{V_{(w_1 L_1 + f K_1)}}{\lambda} d(w_1 L_1 + f K_1) \quad (3.1.18)$$

$$B^2 \equiv \frac{dV^2}{\lambda} = \frac{V_{\tau p_1}}{\lambda} dp_1 \tau + \frac{V_{p_2}}{\lambda} dp_2 + \frac{V_{(w_2 L_2 + f K_2)}}{\lambda} d(w_2 L_2 + f K_2) \quad (3.1.19)$$

ロイの恒等式を用いて、所得の限界効用 $\lambda$ を消去すると下式が導かれる。

$$B^1 = -x_1^1 dp_1 - x_2^1 (\tau dp_2 + p_2 d\tau) + dw_1 L_1 + w_1 dL_1 + df K_1 + fdK_1 \quad (3.1.20)$$

$$B^2 = -x_1^2 (\tau dp_1 + p_1 d\tau) - x_2^2 dp_2 + dw_2 L_2 + w_2 dL_2 + df K_2 + fdK_2 \quad (3.1.21)$$

上式を足すと下式が導かれる。

$$\begin{aligned} B_1 + B_2 = & -dp_1 (x_1^1 + \tau x_1^2) \\ & -dp_2 (\tau x_2^1 + x_2^2) \\ & -dt (p_1 x_1^2 + p_2 x_2^1) \\ & +dw_1 L_1 + w_1 dL_1 \\ & +dw_2 L_2 + w_2 dL_2 \\ & +df \bar{K} + fd\bar{K} \end{aligned} \quad (3.1.22)$$

利潤関数の全微分の関係式(3.1.11)と市場均衡式(3.1.15)、(3.1.17)を上式に代入する。

$$\begin{aligned} B_1 + B_2 = & -dp_1 (-y_1 + x_1^1 + \tau x_1^2) \\ & -dp_2 (-y_2 + \tau x_2^1 + x_2^2) \\ & -dt (p_1 x_1^2 + p_2 x_2^1) \\ & +p_1 \frac{\partial y_1}{\partial A_1} dA_1 + p_2 \frac{\partial y_2}{\partial A_2} dA_2 \end{aligned} \quad (3.1.23)$$

財の市場均衡式(3.1.12)、(3.1.13)を代入すると下式が導かれる。

$$\begin{aligned} B_1 + B_2 = & -d\tau (p_1 x_1^2 + p_2 x_2^1) \\ & +p_1 \frac{\partial y_1}{\partial A_1} dA_1 + p_2 \frac{\partial y_2}{\partial A_2} dA_2 \end{aligned} \quad (3.1.24)$$



第1項は地域間の金額ベースの輸送費削減効果（物流にかかる発生便益）である。

第2項は集積経済の効果である（ワイドーインパクト1の集積経済）。

(3.1.24)式の第2行に対して、コブダグラス型生産関数を仮定すると、下式が導かれる。

$$B_1 + B_2 = -d\tau (p_1 x_1^2 + p_2 x_2^1) + \gamma_1 p_1 y_1 \frac{dA_1}{A_1} + \gamma_2 p_2 y_2 \frac{dA_2}{A_2} \quad (3.1.25)$$

生産関数をコブダグラス型と仮定すると、技術のパーセント伸び率×生産額×技術パラメータとなり、英国の集積経済の定式化と同一となる。

技術パラメータ $\gamma_r=0$ であれば完全競争となり、集積経済の効果は生じない。

第2行は英国マニュアルと同様の定式化であることが確認できる。

## (2) 集積パラメータの推定

集積経済のパラメータ推定は、英国では、企業の個票データを用いて推計している（Graham(2009)など）<sup>1</sup>。

それに対して、日本の企業データは個票データは公表しておらず、行政単位の集計データのみ公表である。従って、行政単位の集計データの適用によりパラメータ推定は、分析結果に誤解を導く可能性があるが、現状においては以下のデータから推定する。

### 1) 利用データ出典

平成 28 年経済センサスー活動調査 経済産業所（産業別）<sup>2</sup>

### 2) 利用データ項目

経済センサス活動調査で収集できるデータ項目は以下の通りである。

企業等数、事業所数、従業者数(人)、売上（収入）金額、費用総額、(費用)売上原価、(費用)販売費及び一般管理費、給与総額、福利厚生費、動産・不動産賃借料、減価償却費、租税公課、外注費、支払利息等、付加価値額、(設備投資額)有形固定資産（土地を除く）、(設備投資額)無形固定資産（ソフトウェアのみ）

### 3) 利用データ区分

経済センサス活動調査で収集できるデータ区分は以下の通りである。

企業産業(大分類)、単一・複数(2 区分)別企業等数、事業所数、従業者数、売上(収入)金額、費用総額、主な費用項目、付加価値額及び設備投資額一市区町村

### 4) パラメータ推定方法

ここで以上のデータから、付加価値額（GDP）にかかる定義式は下式となる。

$$\begin{aligned} \text{付加価値額} &= \text{売上高} - \text{費用総額} + \text{給与総額} + \text{租税公課} \\ \text{費用総額} &= \text{売上原価} + \text{販売費及び一般管理費} \end{aligned}$$

<sup>1</sup> Estimating the Agglomeration Benefits of Transport Investments, Graham et al. 2009. OECD/ITF Joint Transport Research Centre Discussion Papers.

<sup>2</sup> <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200553&tstat=000001095895&cycle=0&tclass1=000001106256&tclass2=000001107036&tclass3=000001114546&tclass4=000001114548&second2=1>

推定式は前頁(3.1.5)式で示した以下の生産関数である。技術は地域で同一とする。

$$GDP_r = (L_r)^\alpha (K_r)^{1-\alpha} (ACC_r)^\gamma$$

パラメータ推定に際して、以下のデータを活用する。

- GDP : 4) で上述した「付加価値額」を活用する。  
 L (労働) : 4) で上述した「給与総額+租税公課」を活用する。  
 K(資本) : 4) で上述した「売上高-費用総額」を活用する。

上述したデータを適用できる理由を以下に示す。(3.1.5)式を対数変換すると下式が導かれる。

$$\ln(GDP_r/L_r) = (1 - \alpha) * \ln(K_r/L_r) + \gamma * \ln(ACC_r)$$

ここで、 $\alpha$ :労働分配率(GDP付加価値のうち $\alpha\%$ が労働者に所得として分配される)である。 $\gamma$ :外部性パラメータである。

上述の「付加価値額=売上高-費用総額+給与総額 + 租税公課」を付加価値額(GDP)で除すと、 $100\% = (\text{売上高} - \text{費用総額})/\text{GDP} + (\text{給与総額} + \text{租税公課})/\text{GDP}$ となる。 $(\text{給与総額} + \text{租税公課})/\text{GDP} = \text{労働分配率} = \alpha$ である。 $1 - \alpha$ は資本分配率となる。そのときのアクセシビリティ ACCのパラメータ $\gamma$ を推定することが本分析の目的となる。

推定結果は下式が得られた。集計データの課題はあるが、統計量としては妥当な結果が得られた。

表 3-1 労働・資本分担率

地域	産業	労働分配率	資本分配率
関東	全産業	62.8%	37.2%
	第1次産業	73.7%	26.3%
	第2次産業	59.8%	40.2%
	第3次産業	63.9%	36.1%

表 3-2 パラメータ

表1 回帰分析(関東)

被説明変数:TFP				
	全産業 (1)	第1次産業 (2)	第2次産業 (3)	第3次産業 (4)
acc	0.0353*** (0.0003)	0.0344*** (0.0005)	0.0358*** (0.0003)	0.0350*** (0.0002)
Observations	207	148	202	204
Adjusted R2	0.9830	0.9693	0.9839	0.9911
Note:	*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01			

以上が、外環整備による外部効果を計測するワイダーインパクトとなる。

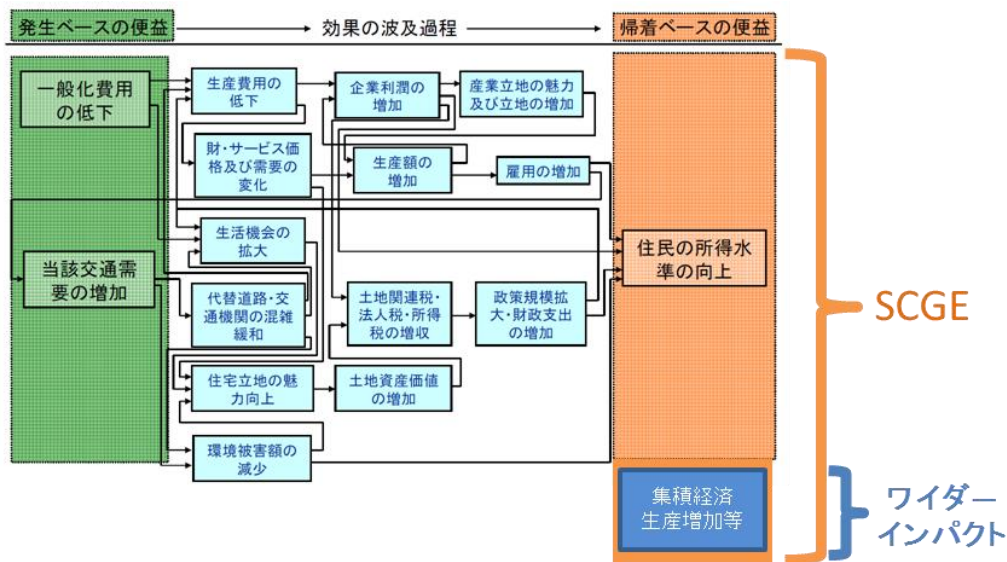
## 3.2 SCGE モデル

### 3.2.1 着眼する効果

発生便益は道路整備による交通利用者が受ける効果であるが、道路整備の産業への影響など経済が受ける帰着便益をみることも重要である。

SCGE モデルは、従来の費用便益分析マニュアルが対象とする発生便益を計測するのではなく、帰着便益を計測する手法である。帰着便益とは、時間短縮の発生便益から派生する産業活動全体への波及効果である。

下図は、発生便益と、帰着便益の関係である。帰着便益は外部効果がある場合は、発生便益よりも大きくなる関係にある。本調査では、外環整備による輸送距離の短縮がもたらす経済波及効果のモデルを構築する。



出典:「国土技術政策総合研究所 報告書」(国土交通省)

(<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0515pdf/ks051504.pdf>) を加工して作成

図 3-5 事業効果の波及過程

### 3.2.2 モデルの構築

ここでは、外環整備の帰着便益を計測するための SCGE モデルの構築を行う。

#### (1) 分析枠組み

帰着便益を算定する枠組みは SCGE (空間一般均衡; Spatial Computable General Equilibrium) モデルを適用する。

経済主体 (消費者・生産者) の経済行動 (消費活動・生産活動・雇用) において、地域間の輸送距離を考慮するモデルである。

因果関係のフローは以下の通りである。

- ①所要時間の短縮 (例: 千葉臨海部→圏央道の工場)
- ②交易財の価格低下 (例: 輸送費込の千葉の鉄鋼価格の低下)
- ③交易財の需要増加 (例: 従前は横浜から調達していたが、千葉からの調達に変化)
- ④生産増加・立地増加 (例: 千葉臨海部の生産増加)
- ⑤雇用増加・所得向上 (例: 千葉臨海部の雇用増加)
- ③へフィードバック

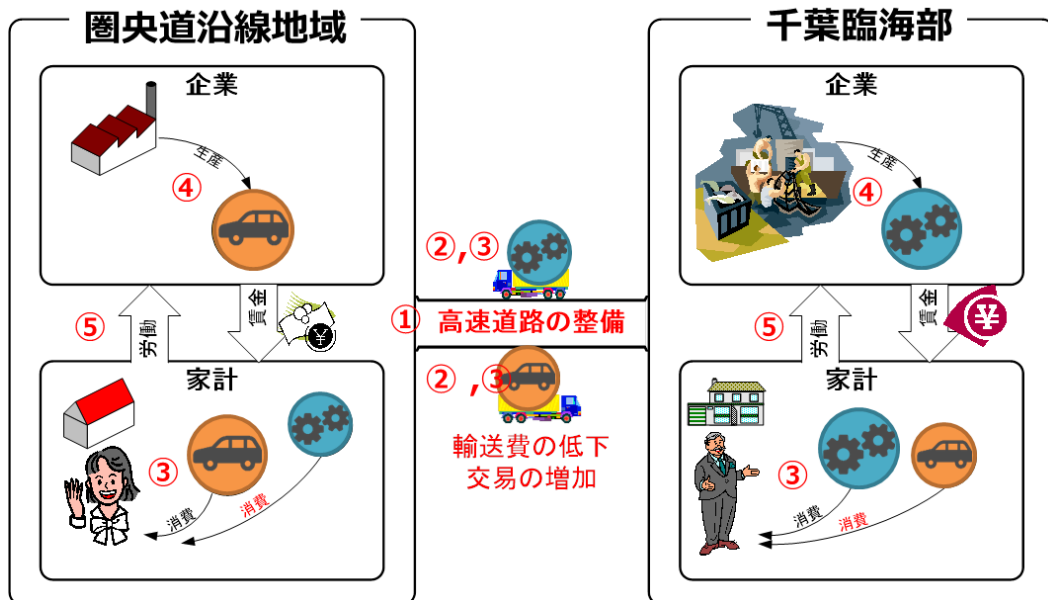


図 3-6 SCGE モデルで捉える交通投資の効果

(2) 分析フロー

SCGE モデルは、道路整備によるゾーン間所要時間（費用）の削減から派生する地域間の取引の増加や生産の増加などを産業別に分析するモデルである。

交通量配分またはセンサス旅行速度より算出されるゾーン間所要時間データおよび産業別の技術パラメータと交易係数をインプットとする。インプットは先の発生便益や外部効果（ワイダーインパクト）と同一のゾーン間所要時間を活用する。

下図に分析のフローを示す。

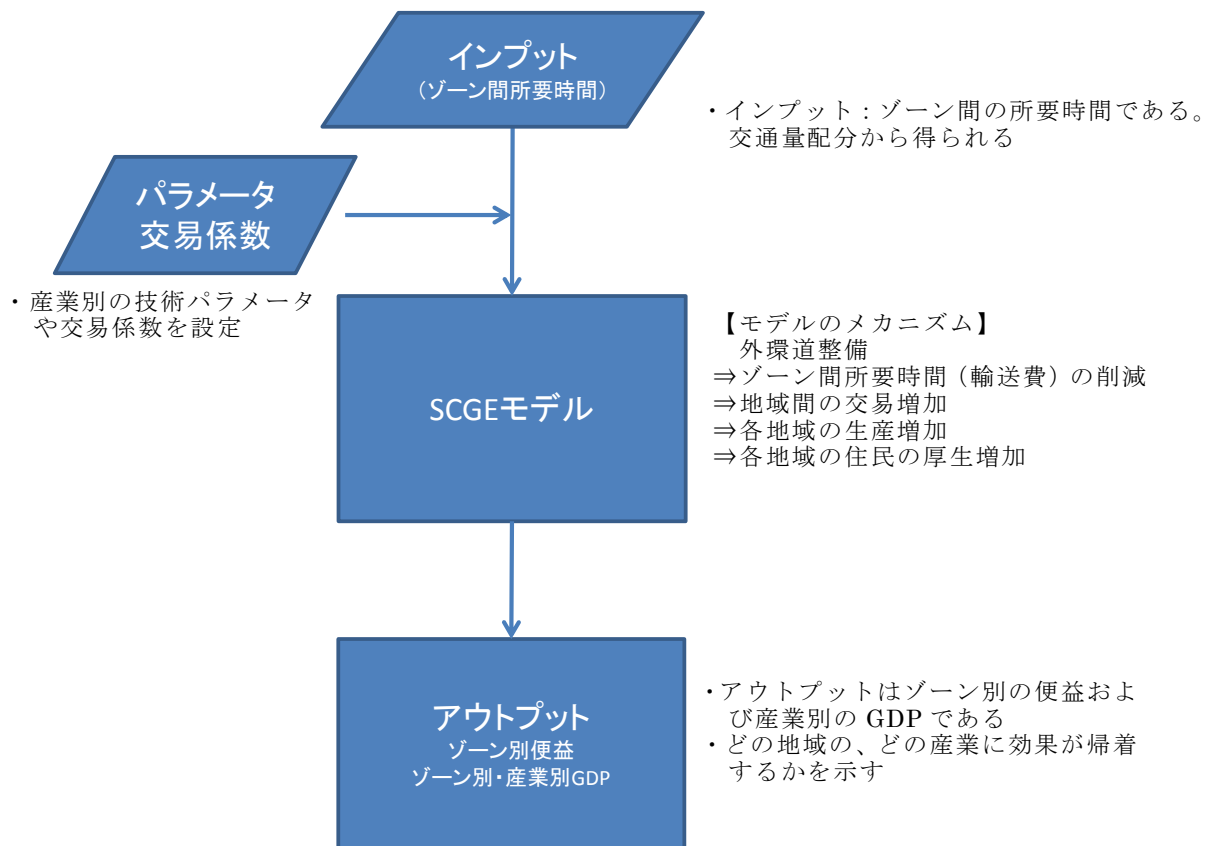


図 3-7 SCGE 分析フロー

### (3) SCGE モデル

外環整備による経済波及効果を計測するための SCGE モデルを構築する。

#### 1) 仮定

生産における中間投入構造を考慮して、産業連関表を組み込んだモデル構築を行う。また、地域間の取引は、輸送費込み価格が安いゾーンから確率的に調達するロジットモデルにより求める。

#### 2) 消費者

地域  $r$  の効用関数  $U_r$  はコブダグラス型を仮定する。

$$\max U_r(C_r^i) \equiv \prod_i (C_r^i)^{\mu_i} \quad (1)$$

ここで、 $C_r^i$  : 地域  $r$  の産業  $i$  に対する需要、 $\mu_i$  : 産業  $i$  への支出シェアである。

予算制約のもと、効用最大化を行う。産業の消費には輸送費  $\tau (> 1.0)$  がかかるため、消費地価格  $q_r^i$  と生産地価格は異なる。

$$\text{s. t. } \sum_i q_r^i C_r^i = w_r L_r + f \bar{K} \frac{L_r}{\bar{L}} + I_r \quad (2)$$

ここで、 $q_r^i$  : 産業  $i$  の地域  $r$  の輸送費込 cif 価格、 $w_r$  : 地域  $r$  の賃金、 $L_r$  : 地域  $r$  の労働者数、 $f$  : 資本価格、 $\bar{K}$  : 資本総額、 $\bar{L}$  : 全国の雇用者報酬額である。

$I_r$  : 地域  $r$  の居住者が他地域から得る所得 (所得移転)。ここで、都市圏内の所得移転の総額は 0 である ( $\sum_r^R I_r = 0$ )。

最大化問題を解くと、各地域  $r$  の財需要  $C_r^i$  は下式が得られる。

$$C_r^i = \frac{\mu^i Y_r}{q_r^i}, \quad r \in R \quad i \in I \quad (3)$$

#### 3) 企業

地域  $r$  で生産される産業  $i$  の生産  $y_r^j$  は下式のコブダグラスを定義する。ここで、 $L_r^j$  : 労働、 $K_r^j$  : 資本、 $M_r^{ij}$  : 中間投入、 $\alpha^{Lj}$  : 労働分配率、 $\alpha^{Kj}$  : 資本分配率、 $\alpha^{ij}$  : 産業セクタ  $i$  の中間投入率であり、 $\alpha^{Lj} + \alpha^{Kj} + \sum_i \alpha^{ij} = 1$  である。  $TFP_r^j$  : 全要素生産性は、アクセシビリティ  $ACC_r \equiv \sum_s \frac{L_s}{L_{rs}}$  の関数であり、 $TFP_r^j = \rho_j ACC_r$  である。



$$y_r^j \equiv TFP_r^j (L_r^j)^{\alpha^{Lj}} (K_r^j)^{\alpha^{Kj}} \prod_i^I (M_r^{ij})^{\alpha^{ij}}, \quad r \in R, \quad j \in I \quad (4)$$

産業  $j$  の利潤  $\pi_r^j$  は下式で求められる。

$$\pi_r^j = p_r^j y_r^j - w_r L_r^j - f K_r^j - \sum_i^I q_r^i M_r^{ij} = 0 \quad (5)$$

利潤最大化条件から下式の要素需要が導かれる。

$$L_r^j = \alpha^{Lj} \frac{p_r^j y_r^j}{w_r} \quad (6)$$

$$K_r^j = \alpha^{Kj} \frac{p_r^j y_r^j}{f} \quad (7)$$

$$M_r^{ij} = \alpha^{ij} \frac{p_r^j y_r^j}{q_r^i}, \quad r \in R, \quad i, j \in I \quad (8)$$

各地域の単位費用関数は下式である。

$$p_r^j = \frac{1}{TFP_r^j} \left( \frac{w_r}{\alpha^{Lj}} \right)^{\alpha^{Lj}} \left( \frac{f}{\alpha^{Kj}} \right)^{\alpha^{Kj}} \prod_i^I \left( \frac{q_r^i}{\alpha^{ij}} \right)^{\alpha^{ij}}, \quad r \in R, \quad i, j \in I \quad (9)$$

ロジット型の交易確率は下式である。地域間輸送費  $\tau_{rs}^j$  は 1.0 以上である。

$$\tau_{rs}^j p_r^j + \varepsilon_{rs}^j < \tau_{ks}^j p_k^j + \varepsilon_{ks}^j \quad (10)$$

産業  $j$  の地域  $r$  から地域  $s$  への交易確率は下式のロジット型となる。地域間産業連関表の交易係数の意味となる。

$$t_{rs}^j = \frac{\exp[-\lambda^j \tau_{rs}^j p_r^j]}{\sum_k^R \exp[-\lambda^j \tau_{ks}^j p_k^j]}, \quad r, s, k \in R, \quad j \in I \quad (11)$$

氷塊輸送費  $\tau_{rs}^j$  は下式で定義する。 $\eta^j$  は産業別のパラメータ、 $d_{rs}$  は地域  $r$ - $s$  間の距離または所要時間である。

$$\tau_{rs}^j \equiv (1 + \eta^j d_{rs}) \quad (12)$$

#### 4) 均衡

財の市場均衡は下式である。

右辺の  $(\sum_j M_s^{ij} + C_s^i)$  は最終需要と中間投入の和、即ち需要合計を意味する。

$$D_s^i = \left( \sum_j M_s^{ij} + C_s^i \right), \quad s \in R, \quad i, j \in I \quad (13)$$

財の輸送には輸送費  $\tau^i$  だけ余分に発送する必要があり、地域  $r$  の生産量は下式である。

$$y_r^i = \sum_s t_{rs}^i \tau_{rs}^i D_s^i, \quad r \in R, \quad i \in I \quad (14)$$

地域  $s$  の財の輸送費込み cif 価格は下式である。

$$q_s^i = \sum_r t_{rs}^i \tau_{rs}^j p_r^i, \quad s \in R, \quad i \in I \quad (15)$$

労働市場均衡は下式である。短期均衡の分析の解釈として、地域間で人口は移動しない。地域別の賃金が求まる。

$$\sum_i L_r^i = \bar{L}_r, \quad r \in R \quad (16)$$

資本市場均衡は下式である。資本は地域間で移動する。本式により資本価格 ( $f$ ) が求まるが、ワルラス法則に基づき本式は冗長となるため、資本価格をニューメーラール ( $f=1$ ) として、本式は除外する。

$$\sum_r \sum_i K_r^i = \bar{K} \quad (17)$$

以上が、外環整備による経済波及効果を計測するための SCGE モデルである。

#### (4) パラメータ設定

外環の帰着便益を計測するためのモデルに必要なパラメータを以下に設定する。

##### 1) パラメータ設定の基本方針

モデルのパラメータ設定に際しては、以下のデータを活用する。

##### a. 平成 23 年（2011 年）産業連関表

投入係数、生産関数の分配パラメータ・全要素生産性、消費シェアの算定のために活用する。

1 都 6 県（茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県）の産業連関表を合計し、シェアを算定する。

##### b. 平成 22 年（2010 年）物流センサス（市区町村間品目別 OD）および平成 22 年（2010 年）道路交通センサス（市区町村間目的別 OD）

産業別の交易係数の算定のために活用する。

##### c. デジタル道路地図（2017 年 3 月）

ゾーン間の所要時間の算定のために活用する。



## 4) 消費シェア

モデル式(3)式の消費シェアは、平成23年の1都6県（茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県）の産業連関表の合計から、最終需要のシェアを設定した。消費シェアの合計は1.0である。

表 3-5 消費シェア

		消費シェア
100	農林水産業	-0.00454552400337388
200	鉱業	-0.04412486148936870
311	飲食料品	0.02278939199533280
315	繊維製品、パルプ・紙・木製品	-0.00997110865907134
323	化学製品、石油・石炭製品、プラスチック・ゴム	0.01935841815149450
325	窯業・土石製品	-0.00100771566410330
326	鉄鋼、非鉄金属、金属製品	0.00104080992897482
329	はん用機械、生産用機械、業務用機械	0.02922256565373350
332	電子部品、電気機械、情報・通信機器	0.01863474941433720
335	輸送機械	0.01740808158875500
339	その他の製造工業製品、事務用品	0.00316522246915277
400	建設	0.07231910128794660
500	電力・ガス・水道	0.01893619663285460
600	商業、医療・福祉、対個人サービス、その他の非営利団体サービス	0.32036298121362200
750	金融・保険・不動産	0.43813830634878100
900	運輸・郵便	0.03153435726765430
1100	公務	0.06470351476106390
1248	廃棄物処理	0.00203551310221419
	合計	1.0

### 5) 交易係数

(11)式の交易係数は、具体には下式を推定する。

$$SQ^m = \sum_{j \in C} \sum_{i \in C} \left[ \frac{\hat{z}_{ij}^m}{\sum_{k \in C} \hat{z}_{kj}^m} - \frac{\exp(\lambda^m p_i^m + t^m p_i^m d_{ij} + \alpha dm)}{\sum_{k \in C} \exp(\lambda^m p_k^m + t^m p_k^m d_{kj} + \alpha dm)} \right]^2$$

- ここで、 $\hat{z}_{ij}^m$  : 産業 $m$ 、OD ペア $ij$ 間の物流センサス実績値  
 $d_{ij}$  : OD ペア $ij$ 間の所要時間  
 $p_i^m$  : 産業 $m$ 、市区町村 $i$ の fob 価格  
 $dm$  : 内内ゾーンの固定項ダミー  
 $C$  : 市区町村の集合  
 $SQ^m$  : 産業 $m$ における物流センサス実績選択確率と  
 交易推計選択確率の残差平方和  
 $\lambda^m, t^m, \alpha$  : 産業 $m$ におけるパラメータ

産業区分は以下の 18 区分を想定する。

産業分類は物流センサスの着産業区分として下表を想定する。

推定方法は  $SQ$  を最小化するパラメータを探索する、グリッドサーチ法を適用する。

推定結果は下表に整理する。

産業分類について、物流センサスの品目区分との対応は下表の18部門分類を想定する。詳細分類は、次ページの表に記載する。

表 3-6 各産業区分で用いる取引の元データ対応表

コード	産業区分	地域間取引推定データ	大分類	大分類
100	農林水産業	物流センサス	農水産品	林産品
200	鉱業	物流センサス	鉱産品	
311	飲食料品	物流センサス	軽工業品	
315	繊維製品、パルプ・紙・木製品	物流センサス	軽工業品	雑工業品
323	化学製品、石油・石炭製品、プラスチック・ゴム	物流センサス	化学工業品	雑工業品
325	窯業・土石製品	物流センサス	化学工業品	
326	鉄鋼、非鉄金属、金属製品	物流センサス	金属機械工業品	
329	はん用機械、生産用機械、業務用機械	物流センサス	金属機械工業品	
332	電子部品、電気機械、情報・通信機器	物流センサス	金属機械工業品	
335	輸送機械	物流センサス	金属機械工業品	
339	その他の製造工業製品、事務用品	物流センサス	雑工業品	
400	建設	取引なし※		
500	電力・ガス・水道	取引なし※		
600	商業、医療・福祉、対個人サービス、その他の非営利団体サービス	道路交通センサス	私事	
750	金融・保険・不動産、情報通信、教育・研究、対事業所サービス、分類不明	道路交通センサス	業務	
900	運輸・郵便	道路交通センサス	業務	
1100	公務	取引なし※		
1248	廃棄物処理	物流センサス	排出物	

交易係数の推定結果は下表にまとめられる。推定結果について、符号条件は適合する。

表 3-7 産業区分別の交易係数のパラメータ推定

産業分類	$\lambda^m$	$t^m$
100:農林水産業	1.80	0.10
200:鉱業	1.20	0.10
311:飲食料品	0.60	0.40
315:繊維製品、パルプ・紙・木製品	0.40	0.20
323:化学製品、石油・石炭製品、プラスチック・ゴム	0.40	0.20
325:窯業・土石製品	0.80	0.30
326:鉄鋼、非鉄金属、金属製品	0.40	0.30
329:はん用機械、生産用機械、業務用機械	0.50	0.20
332:電子部品、電気機械、情報・通信機器	0.10	0.80
335:輸送機械	0.50	0.20
339:その他の製造工業製品、事務用品	0.40	0.30
400:建設	0.00	0.00
500:電力・ガス・水道	0.00	0.00
600:商業、医療・福祉、対個人サービス、その他の非営利団体サービス	1.00	1.47
750:金融・保険・不動産、情報通信、教育・研究、対事業所サービス、分類不明	1.00	1.33
900:運輸・郵便	1.00	1.33
1100:公務	0.00	0.00
1248:廃棄物処理	0.00	0.00



a. 物流センサスの品目分類

参考に、物流センサスの品目区分の産業分類は下表である。この産業区分を18部門に集約する。

表 3-8 物流センサス 品目区分  
品目コード表

CODE	品類	品 目	CODE	品類	品 目
1011	農	麦	6011	軽工業品	パルプ
1012		米	6021		紙
1013	水	雑穀・豆	6031		糸
1021		野菜・果物	6041		織物
1031	産	羊毛	6051		砂糖
1032		その他の畜産品	6052		その他の食料工業品
1041		水産品	6061	飲料	
1051		綿花	7011	書籍・印刷物・記録物	
1052	その他の農産品	7021	雑	がん具	
2011	林産品	原木		7022	衣服・身の回り品
2021		製材	7023	文房具・運動娯楽用品	
2031		薪炭	7024	家具・装備品	
2041		樹脂類	7025	その他の日用品	
2042		その他の林産品	7031	木製品	
3011	産	石炭	7041	ゴム製品	
3021		鉄鉱石	7042	その他の製造工業品	
3022		その他の金属鉱	8011	排出物	廃自動車
3031		砂利・砂・石材	8012		廃家電
3041		石灰石	8013		金属スクラップ
3051		原油・天然ガス	8014		金属製容器包装廃棄物
3061		りん鉱石	8021		使用済みガラスびん
3062	原塩	8022	その他容器包装廃棄物		
3063	その他の非金属鉱物	8023	古紙		
4011	金属機械工業品	鉄鋼	8024		廃プラスチック類
4021		非鉄金属	8031		燃え殻
4031		金属製品	8032		汚泥
4041		産業機械	8033	鉱さい	
4051		電気機械	8034	ばいじん	
4061		自動車	8035	その他の産業廃棄物	
4062		自動車部品	9011	特殊品	動植物性飼肥料
4071		その他の輸送機械	9021		金属製輸送用容器
4081	精密機械	9031	その他の輸送用容器		
4082	その他の機械	9041	取り合せ品		
5011	化学工業品	セメント			
5021		生コンクリート			
5031		セメント製品			
5041		ガラス・ガラス製品			
5051		陶磁器			
5052		その他の窯業品			
5061		重油			
5071		揮発油			
5081		その他の石油			
5091		L.N.G.・L.P.G.			
5092	その他の石油製品				
5101	コークス				
5102	その他の石炭製品				
5111	化学薬品				
5121	化学肥料				
5131	染料・顔料・塗料				
5141	合成樹脂				
5151	動植物性油脂				
5161	その他の化学工業品				

(5) 現況再現確認

市町村内総生産の指標により現況再現（45度線分析）を確認した。

横軸実績値のGDP（1都6県）は157兆6,704億円、縦軸推計値のGDP（1都6県）は174兆4,686億円であり、総額は合っている。

現況再現の観点から、精度検証は確保されている。

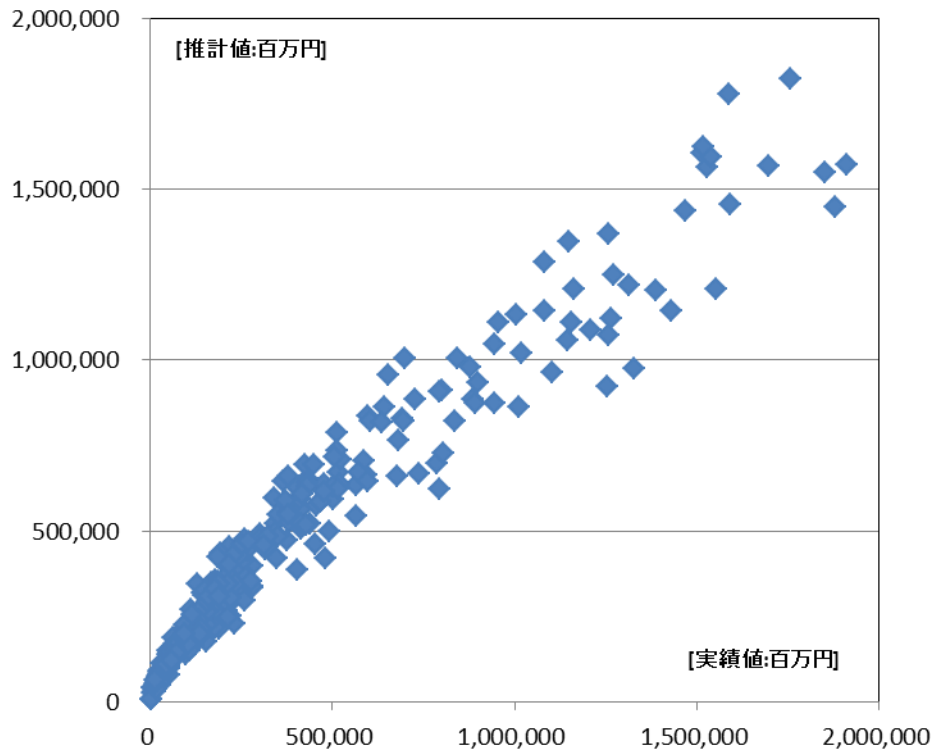


図 3-8 市区町村別の GDP の現況再現性