

空間的応用一般均衡モデルによる台湾高速鉄道の整備効果分析*

ESTIMATION OF ECONOMIC BENEFITS OF TAIWAN HIGH SPEED RAIL BY SCGE MODEL *

土谷和之**・林山泰久***・上田孝行****

By Kazuyuki TSUCHIYA**・Yasuhisa HAYASHIYAMA***・Takayuki UEDA****

1. はじめに

わが国では、高速道路、新幹線などの高速交通機関の開業に伴う空間的な経済構造変化を定量的に予測する手法として、空間的応用一般均衡モデル（以下 SCGE モデル）が多数開発され、実務にも適用されてきた¹⁾。特に、新幹線、航空などの旅客を主な対象とした高速交通機関の整備効果を適切に分析するためには、旅客トリップを明示的に考慮した SCGE モデル（以下、旅客 SCGE モデルと呼ぶ）を構築する必要があるが、そのようなモデルを先駆的に構築し、整備新幹線の効果分析に適用した小池・上田・宮下²⁾、同様のモデルを羽田空港拡張の効果分析に適用した Ueda, et.al³⁾、同じくりニア中央エクスプレスの効果分析に適用した宮下・小池⁴⁾、旅客交通と物流の両方を考慮した SCGE モデルを構築し、東海地震の警戒宣言発令の被害を試算した土屋・多々納⁵⁾等、わが国では旅客 SCGE モデルの開発と適用も多数実施されている。

さて、気候変動問題が深刻化する中、環境配慮型の高速交通機関として、海外でも大規模な高速鉄道整備計画が注目を集めている。高速鉄道整備が経済活動に与える影響や、それに伴う産業起源／交通起源の CO₂ 排出量変化を分析できる旅客 SCGE モデルは、高速鉄道整備の効果分析ツールとして、国際的にもますます有用性を高めていくと考えられる。

そこで本研究では、海外における高速鉄道整備の効果分析のケーススタディとして、台湾経済を対象とした旅客 SCGE モデルを構築し、台湾高速鉄道開業による台湾の空間的な経済構造変化（地域別産業別の生産額の変化や帰着分析）、また CO₂ 排出に与える影響を分析する。ただし、上述の各論文で適用されている旅客 SCGE モデルは、すべて地域間産業連関表を基準均衡データとして適用しているが、台湾においては公式な地域間産業連関表データは存在しない。そこで、本研究では、小池・上田・宮下²⁾のモデルをベースとしながらも、産業連関表を使用せずとも基準均衡データを整備可能な、より簡易なモデルを構築し、台湾経済に適用することとした。

*キーワード：SCGE モデル、高速鉄道、経済効果分析

**正員、工修、株式会社三菱総合研究所社会システム研究本部（東京都千代田区大手町 2-3-6）

***正員、博士、東北大学大学院経済学研究科・経済学部経済経営学専攻（宮城県仙台市青葉区川内 27-1）

****正員、博士、東京大学大学院工学系研究科（東京都文京区本郷 7-3-1）

2. 台湾経済を対象とした SCGE モデルの構築

(1) モデルの概要

本研究で提案するモデルの概要は以下のとおりである。

【モデルの仮定】

- 台湾を 15 地域に区分する。なお、台湾と他地域との物流による取引は考慮しない（台湾高速鉄道の開業により物流の取引は変化しないと想定する）。
- 各地域に家計、企業、旅客交通企業が存在する。
- 家計、旅客交通企業は各地域に 1 主体ずつ存在すると仮定する（旅客交通企業は実際は航空、鉄道などに分かれているが、ここでは簡便のため 1 主体としてまとめて扱う）。
- 企業は、各地域の各産業別に集計的な企業が 1 つずつ存在すると仮定する。
- 家計は、企業および交通企業に労働・資本を提供して収入を得て、企業が生産する財・旅客交通企業が生産する交通サービス、余暇時間を消費して効用を最大化する。
- 企業は、家計から提供される労働・資本と旅客交通企業から提供される交通サービスを投入して利潤を最大化する。
- 旅客交通企業は、労働・資本を投入して家計・企業が需要する分の交通サービスを提供し、その中で費用を最小化する。
- 資本の地域間移動は自由とする。

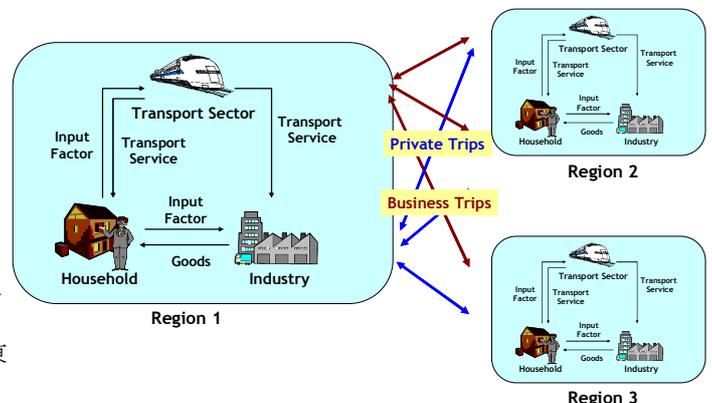


図 1 モデルの概要

(2) 台湾SCGEモデルの定式化

本研究で構築する SCGE モデルの定式化を以下に示す。なお、各効用関数、生産関数は Cobb-Douglas 型関数、あるいは Leontief 型関数で定式化するものとするが、ここではまず一般的な関数形で記述している。また簡便のためモードは1種類、産業分類も1分類と仮定した場合でのモデルの定式化を示すが、モードや産業分類を分解した場合でも基本的な考え方に変更の必要はない。

1) 家計

家計は企業、および旅客交通企業に生産要素（労働、資本）を提供し、その対価を受け取り、各地域で生産される合成財、交通サービス、および余暇（家族との団欒、睡眠時間など日常の業務時間や移動時間以外の時間）を消費することにより、効用を最大化する。具体的には以下のように階層的な効用関数として定式化される。

【レベル1】

$$V_s = \max_{X_{is}, Le_s, O_{ps}} U_s(X_{is}, Le_s, O_{ps}) \quad (1)$$

V_s : 地域 s の家計の間接効用関数

U_s : 地域 s の家計の効用関数

X_{is} : 地域 s の家計の合成財需要量（産業 i 別）

Le_s : 地域 s の家計の余暇需要量

O_{ps} : 地域 s の家計の交通サービス需要量
(観光トリップ合成財需要量)

【レベル2】

$$q_{ps} O_{ps} = \min_{f_{ps1}, \dots, f_{psr}, \dots, f_{psR}} \sum_r q_{psr} f_{psr} \quad (2)$$

$$s.t. \quad O_{ps} = F_{pts}(f_{ps1}, \dots, f_{psr}, \dots, f_{psR}) \quad (3)$$

q_{ps} : 地域 s における観光トリップ合成財価格

F_{pts} : 観光トリップ合成財生産関数

f_{psr} : 観光トリップ合成財 O_{ps} を生産するために必要な s 地域から r 地域への観光トリップサービス消費量

q_{psr} : s 地域から r 地域への観光トリップ財価格

【レベル3】

$$q_{psr} f_{psr} = \min_{f_{p1sr}, \dots, f_{pmsr}} \sum_m (q_{msr} + w_s t_{msr}) f_{pmsr} \quad (4)$$

$$s.t. \quad f_{psr} = F_{pmsr}(f_{p1sr}, \dots, f_{pmsr}) \quad (5)$$

F_{pmsr} : 観光トリップサービス生産関数（各交通機関のサービスの合成財）

q_{msr} : s 地域から r 地域への交通機関 m の交通費用

t_{msr} : s 地域から r 地域への交通機関 m の交通所要時間

f_{pmsr} : s 地域から r 地域への交通機関 m の観光トリップ量

なお予算制約式、時間制約式は以下のように記述される。

$$s.t. \quad \sum_i p_{is} X_{is} + \sum_r \sum_m q_{msr} f_{pmsr} \leq w L_s + r \left(\sum_i K_{fis} + K_{ifs} \right) + \Pi_{ifs} \quad (6)$$

$$L_s + Le_s + \sum_r \sum_m t_{msr} f_{pmsr} \leq \Omega_s \quad (7)$$

p_{is} : 地域 s における合成財価格

w_s : 地域 s における労働価格（賃金率）

L_s : 地域 s の家計が企業・旅客交通企業に提供する労働

r_s : 地域 s における資本価格（資本レント）

K_{fis} : 地域 s 、産業 i の民間資本需要量（政策的に誘致されるものを除く）

K_{ifs} : 地域 s を発地とする旅客交通サービスを生産するために必要な資本需要量

Π_{ifs} : 地域 s の交通企業からの利潤配当（損失が生じる場合は課税）

Ω_s : 地域 s の家計の労働初期保有量

2) 企業

各地域の企業 i は、家計から提供される労働、資本、および自らが行う他地域への業務トリップを生産要素として、財を生産し、利潤を最大化する。

$$\Pi_{fis} = \max_{Y_{is}, K_{fis}, L_{fis}, O_{is}} p_{is} Y_{is} - \{r K_{fis} + w_s L_{fis} + q_{is} O_{is}\} \quad (8)$$

$$s.t. \quad Y_{is} = F_{fis}(K_{fis}, L_{fis}, O_{is}) \quad (9)$$

Π_{fis} : 地域 s における産業 i の企業の利潤

F_{fis} : 地域 s における産業 i の企業の生産関数
(1次同次)

Y_{is} : 地域 s における産業 i の合成財生産量

L_{fis} : 地域 s における産業 i の企業の企業内労働需要量

q_{is} : 地域 s における産業 i の業務トリップ合成財価格

O_{is} : 地域 s における産業 i の企業の業務トリップ合成財需要量

ここで、各地域への業務トリップ量および業務トリップ合成財価格は以下の費用最小化問題の解として表現される。

$$q_{is} O_{is} = \min_{f_{is1}, \dots, f_{isr}, \dots, f_{isR}} \sum_r q_{isr} f_{isr} \quad (10)$$

$$s.t. O_{is} = F_{btis}(f_{is1}, \dots, f_{isr}, \dots, f_{isR}) \quad (11)$$

$$q_{isr} f_{isr} = \min_{f_{1sr}, \dots, f_{msr}} \sum_m (q_{msr} + w_s t_{msr}) f_{imsr} \quad (12)$$

$$s.t. f_{isr} = F_{btisr}(f_{i1sr}, \dots, f_{imsr}) \quad (13)$$

F_{btis} : 地域 s における産業 i の業務トリップ合成財生産関数

f_{isr} : 地域 s における産業 i の業務トリップ合成財 O_s を生産するために必要な s 地域から r 地域への業務トリップサービス消費量

q_{isr} : 産業 i の s 地域から r 地域への業務トリップ財価格

q_{msr} : s 地域から r 地域への交通機関 m の交通費用

t_{msr} : s 地域から r 地域への交通機関 m の交通所要時間

f_{imsr} : s 地域から r 地域への交通機関 m の業務トリップ量 (産業 i 別)

なお、家計から企業へ提供する労働力は企業内労働と業務トリップ時の移動時間から構成され、

$$L_s = \sum_i \left(L_{jis} + \sum_r \sum_m t_{msr} f_{imsr} \right) \quad \text{が成り立つ。}$$

3) 旅客交通企業

家計からの資本、労働を生産要素として、旅客交通サービスを生産し、自地域の企業に対して提供する。ここで、旅客交通企業は企業から需要される分だけ旅客交通サービスを生産するものとし、その行動は費用最小化原理に基づくとして仮定する。

$$C_{tfs} = \min_{K_{tfs}, L_{tfs}} rK_{tfs} + wL_{tfs} \quad (14)$$

$$s.t. T_s = F_{tfs}(K_{tfs}, L_{tfs}) \quad (15)$$

C_{tfs} : 地域 s における旅客交通企業の生産費用

T_s : 地域 s における旅客交通サービス生産量
($= \sum_i \sum_r \sum_m f_{imsr} + \sum_r \sum_m f_{pmsr}$)

K_{tfs} : 地域 s を発地とする旅客交通サービスを生産するために必要な資本需要量

L_{tfs} : 地域 s を発地とする旅客交通サービスを生産するために必要な労働需要量

F_{tfs} : 地域 s における旅客交通企業の生産関数

よって、交通企業からの利潤配当 (あるいは損失) は下式のように表される。

$$\Pi_{tfs} = \sum_i \sum_r \sum_m q_{msr} f_{imsr} + \sum_r \sum_m q_{pmsr} f_{pmsr} - C_{tfs} \quad (16)$$

4) 市場均衡条件

本モデルにおける各市場 (合成財市場、労働市場、資本市場) における市場均衡条件は下式ようになる。なお、交通サービス市場では旅客交通企業の行動原理から自動的に需給均衡が成り立つ。

$$\text{合成財市場: } X_{is} = Y_{is} \quad \text{for each } s, i \quad (17)$$

労働市場:

$$\sum_i \left(L_{jis} + \sum_r \sum_m t_{msr} f_{imsr} \right) + \sum_r \sum_m t_{msr} f_{pmsr} + L_{tfs} + L_{e_s} = \Omega_s \quad (18)$$

$$\text{民間資本市場: } \sum_s \left(\sum_i K_{jis} + K_{tfs} \right) = K \quad (19)$$

K : 台湾全体での基準時点での資本の初期保有量

Ω : 台湾全体での基準時点での労働の初期保有量

なお、民間資本市場の均衡式の右辺は台湾の資本総量を表現している。

3. モデルの推計

(1) 地域区分および産業区分

SCGE モデルの推計にあたり、地域区分および産業区分は以下のとおりとする。

①地域区分

台湾の県を統合し、以下の 15 地域区分とする。統合にあたっては、データの利用可能性や各地域の経済規模を考慮したゾーニングとした。



1	台北	Taipei
2	桃園	Taoyuan
3	新竹	Hsinchu
4	苗栗	Miaoli
5	台中	Taichung
6	彰化	Changhua
7	南投	Nantou
8	雲林	Yunlin
9	嘉義	Chiayi
10	台南	Tainan
11	高雄	Kaohsiung
12	屏東	Pingtung
13	宜蘭	Yilan
14	花蓮	Hualien
15	台東	Taitung

図2 台湾 SCGE モデルにおける地域区分

②産業分類

産業分類については以下の 13 分類とする。

表1 台湾 SCGE モデルにおける産業分類

1	農、林、漁、牧業及 礦業及土石採取業	Agriculture, forestry, fishery and Mining
2	民生工業	Manufacturing
3	化学工業	Chemical Products
4	金属機械工業	Metal and Machinery
5	資訊電子工業	Electrical Machinery
6	水電燃氣業及營造業	Electric Power, Gas and Water Supply
7	批發及零售業	Commerce
8	住宿及餐飲業	Eating, Drinking and Lodging Places
9	運輸、倉儲及通信業	Transport and Communication
10	金融及保險業、 不動産及租賃業及專業、 科學及技術服務業	Finance, Insurance and Real Estate
11	醫療保健及社會服務業	Medical Service, Health and Social Security and Nursing Care
12	文化、運動及休閒服務業	Other Personal Services
13	公共行政業、教育服務業 及其他服務業	Public Administration

(2) 利用データ

パラメータ推計にあたっては、以下のデータを用いる。データ時点は2001年を基本とするが、時刻表データは調査時点で可能な限り最新のデータを用いた。

表2 台湾 SCGE モデルの主な利用データ

データ種類	データ出典
地域別・産業別付加価値額（労働、資本）	中華民國九十年台閩地區工商及服務業普查報告
地域別家計の労働時間	中華民國九十四年人力資源統計年報
地域間のモード別（航空・鉄道）目的別（業務・観光別）トリップ量	年度統計人数のデータを使用し、往復の人数が同様と仮定して推計
地域間のモード別（航空・鉄道）所要時間・費用	時刻表

4. 台湾 SCGE モデルによるシナリオ分析

(1) シナリオの設定

本研究では、以下の3つのシナリオを想定して台湾高速鉄道整備の経済効果分析を実施した。シナリオ2、3については、本 SCGE モデルで考慮する交通機関（自動車、在来鉄道、航空、台湾高速鉄道）に対して、CO₂排出量に相当する課金を実施する政策を想定している。課金額はCO₂排出量に現在の欧州における排出権取引市場の平均的な炭素価格を乗じることにより設定した。

表3 シナリオ設定

	without	with
シナリオ1	基準均衡	台湾高速鉄道整備あり
シナリオ2	基準均衡	交通料金にCO ₂ 排出量に相当する課金を実施
シナリオ3	基準均衡	台湾高速鉄道整備あり+交通料金にCO ₂ 排出量に相当する課金を実施

(2) シナリオ分析の結果

以下に、分析結果の例としてシナリオ1における地域別の帰着便益の推計結果を示す。便益の総額としては台湾高速鉄道の両端に位置する台北、高雄が大きく、人口1人あたりでは高雄について台中が大きくなっている。

その他の経済指標やCO₂排出量の変化、および他シナリオの分析結果については講演時に発表する。

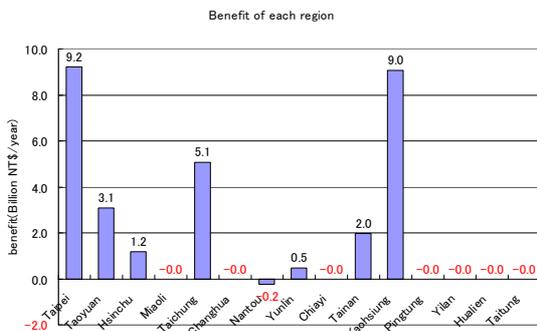


図3 地域別帰着便益（総額）

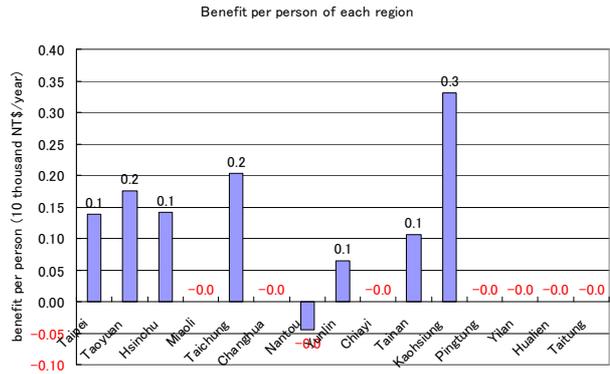


図4 地域別帰着便益（人口1人あたり）

謝辞

本稿は台湾経済研究院より（株）三菱総合研究所が受託した調査研究の成果に、東京大学・運輸政策研究所共同研究「都市間交通と地球環境の空間経済分析」（遂行者・上田孝行, 2008-2009）における研究成果を加え、筆者らの責任で取りまとめたものである。本調査実施にあたり、調査発注元である台湾経済研究院のHank C. C. Huang氏をはじめとして関係各位から多大なご支援を頂いた。ここに記して感謝の意を表す。ただし、本稿に関するあらゆる誤りや責任は筆者に帰属するものである。

参考文献

- たとえば、公開セミナー「経済均衡モデルによる公共事業評価。-地域の変化を測る-」: 季刊 運輸政策研究, Vol.8, No.2, pp.65-79, 運輸政策研究機構, 2005 を参照のこと
- 小池淳司・上田孝行・宮下光宏: 旅客トリップを考慮したSCGEモデルの構築とその応用, 土木計画学研究・論文集, Vol.17, pp.237-245, 2000.
- Takayuki UEDA, Atsushi KOIKE, Katsuhiro YAMAGUCHI and Kazuyuki TSUCHIYA: Spatial Benefit Incidence Analysis of Airport Capacity Expansion: Application of SCGE Model to the Haneda Project, Research in Transportation Economics Volume 13, Global Competition in Transportation Markets: Analysis and Policy Making, pp.165-196, Elsevier, 2005.
- 土屋哲・多々納裕一: SCGEモデルを用いた基幹交通網に関する地震リスクのパブリックマネジメント, 社会技術研究論文集, Vol.2, pp.228-237, 2004.
- 宮下光宏・小池淳司: 空間的応用一般均衡モデルを用いたリニア中央エクスプレス整備の経済波及効果の計測, 第14回鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL2007), 2007.