

甲府都市圏を対象とした一般均衡型 CUE モデルによる都市政策評価

山梨大学 学生員 ○野口佳祐
山梨大学 正会員 武藤慎一

1. はじめに

わが国の公共事業評価では、費用便益分析マニュアルが整備され、それに基づき便益を計測して事業の妥当性を判断するという評価システムが定着してきている。¹⁾しかし、マニュアルでは家計や企業の立地変化や、新たな雇用創出、企業生産や家計所得の拡大といった、いわゆる間接効果が計測できないという問題があった。これに対し、上田、武藤、山崎²⁾は、応用都市経済 (CUE : Computable Urban Economic) モデルを開発し、家計や企業の立地変化を考慮した交通整備の便益評価手法を提案している。しかし、それらは土地市場のみが考慮された部分均衡モデルであり、財・サービス及び生産要素等の市場は考慮されていなかった。そのため、立地への影響は評価できても、雇用創出や企業生産の増加、家計所得の拡大などによる間接効果が評価できていなかった³⁾。

そこで、本研究では、一般均衡型 CUE モデルを開発し、甲府都市圏を対象とした都市交通整備政策の経済評価を行うことを第一の目的とする。都市交通整備は一般には都市の郊外化が誘発される。都市の郊外化は郊外部での自動車利用の増加に起因する外部不経済をもたらす可能性がある。そこで、一般均衡型 CUE モデルを用いて都市交通整備による外部性の影響も評価することを第二の目的とする。特にここでは、自動車の環境外部性だけでなく、郊外化の誘発が主に郊外部で問題を生じさせると予想される社会基盤の維持管理コストの増大に係わる外部性も考慮する。以上を踏まえて、仮に過度な外部不経済が生じた場合には立地規制や交通整備の抑制など、新たな追加政策の検討も行い、総合的な観点から望ましい都市政策を提案することを最終的な目的とする。

2. 一般均衡型 CUE モデル

2.1 一般均衡型 CUE モデルの概要

本研究で構築する一般均衡型 CUE モデルも、従来の CUE モデルと同じく複数のゾーンに分割された都市圏を対象とする。経済主体については応用一般均衡 (CGE : Computable General Equilibrium) モデルを踏襲するものとし、ゾーンごとに代表家計と産業部門別の代表企業、さらに政府、公的投資部門、民間投部門が存在する。このうち企業に関しては、産業部門を第1次産業、第2次産業、業務系サービス業、商業、対個人サービス業、不動産業、貨物運輸業、旅客運輸業の8部門とした。

市場に関しては、第1次産業、第2次産業および労働、資本市場は、都市圏全体で統一的な1つの市場が成立するとし、業務系サービス、商業、対個人サービスはゾーンごとに市場が成立するものとした⁴⁾。後者のゾーンごとに市場を考えたサービス系消費財は、それらの供給されるゾーンに出かけなければ、基本的にはその消費ができないためそのような扱いをした。また不動産もゾーンごとに市場が成立するものとした。その理由は、まず不動産業はそのゾーンで供給される土地という資本財を投入して不動産サービスを供給する。その際、各ゾーンに存在する土地面積に供給が制約される。そのため、ゾーンごとに市場が清算されると考えたものである。最後に、貨物、旅客の両運輸サービスはOD交通別に市場が成立するとした。これにより、交通の持つOD別サービスという特性を踏まえたモデル化が行えている。特にゾーン間所要時間が求められれば、その整備有無に対する変化率をそのまま本 CUE モデルに入力することが可能になることから、整備の評価がより正確に行えるものと考えられる。続いて各主体の行動モデルを定式化する。

キーワード 都市政策評価, 一般均衡型 CUE モデル, 便益評価

連絡先 〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11 山梨大学工学部土木環境工学科 TEL 055-220-8599

Email: t13ce039@yamanashi.ac.jp

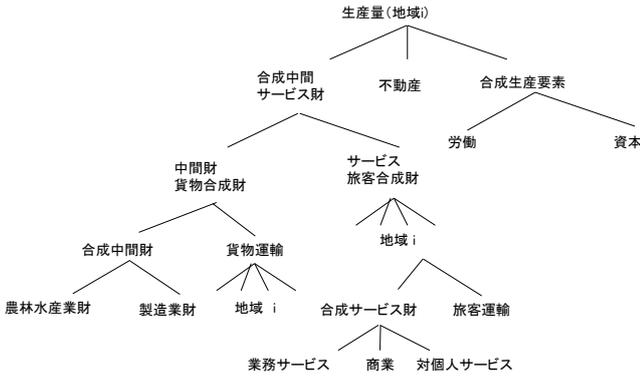


図-1 企業行動モデルツリー構造

2.2 企業の行動モデル

まず、m 財を生産する企業 (m 企業) の行動モデルを示す。m 企業は、各ゾーンで m 財を生産しているとし、ゾーン i の代表企業の生産行動は図-1 のツリー構造によりモデル化する。企業の生産行動モデルは、すべて Barro 型 CES 生産関数による生産技術制約下での費用最小化行動によって定式化する。なお、これらの定式化の基本的な枠組みはすべて同じであるので、合成中間財、不動産サービス、合成生産要素に関する投入量決定の費用最小化問題のみを示す。

$$p_m^i y_m^i = \min_{z_m^i, x_{RE}^i, cf_m^i} \left[\alpha_{Zm}^i z_m^i + P_{RE}^i x_{RE}^i + \{1 + \tau_m^i\} P_{cfm}^i cf_m^i \right] \quad (1a)$$

$$y_m^i = \gamma_{Zm}^i \left[\alpha_{Zm}^i \left(\beta_{Zm}^i z_m^i \right)^{\frac{\sigma_{Zm}^i - 1}{\sigma_{Zm}^i}} + \alpha_{RE}^i \left(\beta_{RE}^i x_{RE}^i \right)^{\frac{\sigma_{RE}^i - 1}{\sigma_{Zm}^i}} + \alpha_{cfm}^i \left(\beta_{cfm}^i cf_m^i \right)^{\frac{\sigma_{cfm}^i - 1}{\sigma_{Zm}^i}} \right]^{\frac{\sigma_{Zm}^i}{\sigma_{Zm}^i - 1}} \quad (1b)$$

ただし、 y_m^i, p_m^i : 地域 i での財 m の生産量とその価格、 z_m^i, q_{Zm}^i : 合成中間財投入量と価格、 x_{RE}^i, p_{RE}^i : 不動産サービス投入量と不動産価格、 cf_m^i, pf_m^i : 合成生産要素投入量と価格、 τ_m^i : 純間接税率、 $\alpha_{Zm}^i, \alpha_{RE}^i, \alpha_{cfm}^i, \beta_{Zm}^i, \beta_{RE}^i, \beta_{cfm}^i$: 分配パラメータ ($\alpha_{Zm}^i + \alpha_{RE}^i + \alpha_{cfm}^i = 1, \beta_{Zm}^i + \beta_{RE}^i + \beta_{cfm}^i = 1$)
 γ_m^i : 効率パラメータ、 σ_m^i 代替弾力性パラメータ、

ラグランジュ未定乗数法により式 (1) を解くと、以下の需要関数が求められる。

$$z_m^i = \frac{1}{\gamma_m^i (\beta_{Zm}^i)^{1 - \sigma_m^i}} \left(\frac{\alpha_{Zm}^i}{q_{Zm}^i} \right)^{\sigma_m^i} \Psi_{Zm}^{j, 1 - \sigma_m^i} y_m^j \quad (2a)$$

$$x_{RE}^i = \frac{1}{\gamma_m^i (\beta_{RE}^i)^{1 - \sigma_m^i}} \left(\frac{\alpha_{RE}^i}{p_m^i} \right)^{\sigma_m^i} \Psi_{RE}^{j, 1 - \sigma_m^i} y_m^j \quad (2b)$$

$$cf_m^i = \frac{1}{\gamma_m^i (\beta_{cfm}^i)^{1 - \sigma_m^i}} \left(\frac{\alpha_{cfm}^i}{pf_m^i} \right)^{\sigma_m^i} \Psi_{cfm}^{j, 1 - \sigma_m^i} y_m^j \quad (2c)$$

$$\text{ただし、} \Psi_{Zm}^j = \left(\alpha_{Zm}^j \right)^{\sigma_{Zm}^j} \left(\frac{q_{Zm}^j}{\beta_{Zm}^j} \right)^{1 - \sigma_{Zm}^j} + \left(\alpha_{RE}^j \right)^{\sigma_m^j} \left(\frac{p_{RE}^j}{\beta_{RE}^j} \right)^{1 - \sigma_m^j} + \left(\alpha_{cfm}^j \right)^{\sigma_{Zm}^j} \left(\frac{pf_m^j}{\beta_{cfm}^j} \right)^{1 - \sigma_m^j}$$

式 (2) を式 (1a) に代入すると、m財価格が求められる。

$$p_m^j = \frac{1}{\gamma_{Zm}^j} \Psi_{Zm}^j \frac{\sigma_{Zm}^j}{1 - \sigma_{Zm}^j} \quad (3)$$

以降の定式化は図-1 にしたがって、式 (1) ~ 式 (3) の枠組みになるため、それらは割愛するが、その定式化も踏まえると、式 (3) は各財の価格とともに、貨物と旅客の運輸サービス価格、賃金率、利子率の関数になっている。例えば、交通整備によって運輸企業の生産性が向上したとすると、それは運輸サービス価格の低下になって効果が発現する。そして、それは式 (3) より生産財価格の低下につながり、その財を需要する企業や家計に効果が波及する。需要の増加は、生産量の増加につながり労働投入量も増加することになる。これが交通整備による雇用創出の効果である。

こうして決定されるゾーン別の労働投入量に対し、家計はその企業で労働するか、労働するなら通勤時間等を考慮してどの地域に居住するかという立地選択を行うものとする(図-2)。次節では、この立地選択行動を含む家計行動モデルを定式化する。

2.3 家計の行動モデル

2.3.1 立地選択行動モデル

ここでは、地域 i に勤務し地域 j に居住する家計の立地選択行動モデルを示す。それは図-3 のようなツリー構造として表現できる。そして、立地選択行動も、財消費行動と同じように、Barro 型 CES 効用関数による制約の下で家計が居住地 j でどれだけの効用を得ようとするのかを決定する問題としてモデル化する。それは以下のように表現される。

$$e_H^i = \min_{u_H^j} \left[\sum_j p_H^{ij} \cdot u_H^{ij} \right] \quad (4a)$$

$$u_H^i = \gamma_{LH}^i \left[\sum_j \alpha_{LH}^{ij} \left(\beta_{LH}^{ij} \cdot u_H^{ij} \right)^{\frac{\sigma_{LH}^i}{\sigma_{LH}^i - 1}} \right]^{\frac{\sigma_{LH}^i}{\sigma_{LH}^i - 1}} \quad (4b)$$



図-2 本 CUE モデルにおける家計の立地選択

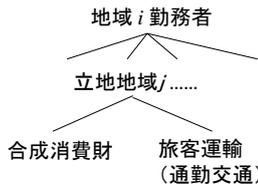


図-3 家計の立地選択行動モデル

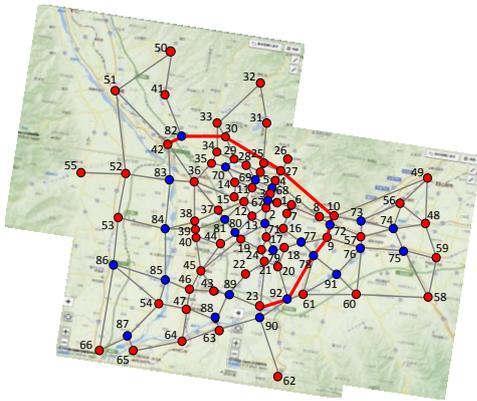


図-4 新山梨環状道路のネットワーク

ただし、 p_H^{ij} 財価格、 $\alpha_{LH}^{ij}, \beta_{LH}^{ij}$: 分配パラメータ、 γ_{LH} : 効率パラメータ、 σ_{LH} : 代替弾力性パラメータ

式 (4) を解くと、地域 i に勤務し、地域 j の居住地を選択した家計の効用値が以下の通りに求められる。

$$u_H^{ij} = \frac{1}{u_{LH}^i (\beta_{LH}^{ij})^{1-\sigma_{LH}}} \left(\frac{\alpha_{LH}^{ij}}{p_V^{ij}} \right)^{\sigma_{LH}^{ij}} \psi_{LH}^i \frac{\sigma_{LH}^{ij}}{1-\sigma_{LH}^{ij}} u_H^i \quad (5)$$

ただし、
$$\psi_{LH}^i = \sum_n \left(\alpha_{LH}^{in} \right)^{\sigma_{LH}^{in}} \left(\frac{p_V^{in}}{\beta_{LH}^{in}} \right)^{1-\sigma_{LH}^{in}}$$

式 (5) を式 (4) の目的関数に代入すると、支出水準が以下のように求められる。

$$e_H^i = \frac{1}{\gamma_{LH}^i} \psi_{LH}^i \frac{1}{1-\sigma_{LH}^{ij}} u_H^i \quad (6)$$

ここで、支出水準とは、価格が与えられた下で、ある u_H^i を実現するために必要な所得を表している。今、地域 i に勤務する家計の総所得を、単位労働時間あたりの家計

所得が全労働者に対して同一であると仮定すると、2. (2) で求められたゾーン別労働投入量分布に基づき、以下のとおりに求められる。

$$\Omega_H^i = [wT + rK] \frac{\sum_m l_m^i}{\sum_j \sum_m l_m^j} \quad (7)$$

式 (7) の支出水準の、必要所得に式 (7) を代入すると効用が以下のとおりに求められ、これが間接効用関数 (効用水準) となる。

$$v_H^i = \frac{\Omega_H^i}{p_V^i} \quad (8)$$

ただし、
$$p_V^i \equiv \frac{1}{\gamma_{LH}^i} \psi_{LH}^i \frac{1}{1-\sigma_{LH}^{ij}}$$

式 (5) において、 $u_H^i = v_H^i$ とすると地域 i に勤務して地域 j に居住する家計の効用の値が求められる。次に図-3 より、地域 j に居住することを決めた家計は、合成消費財と通勤交通に係わる旅客運輸サービスの各消費量を決定する。

続いて、合成消費財に対する詳細な定式化を行う。地域 i に勤務して地域 j に居住する家計はその直面する合成消費財財価格が地域 i の付かない q_{ZH}^j と表せる。したがって地域 j に居住する家計は、勤務地 i で合計をとったものを総合成消費量として、それを基に個別の財消費行動を行うものとする。その行動モデルのツリー構造は企業の行動モデルと同様とするが図-2 の合成生産要素は家計の場合は余暇となる。なお、定式化は割愛する。

3. 新山梨環状道路の整備評価への適用

3.1 新山梨環状道路の概要

新山梨環状道路は、甲府都市圏における交通の円滑化と、周辺地域の連携強化などを目的とした全長約 43km の環状道路である⁵⁾。本研究では、その中の東部、北部区間を対象に (図-4)、それらの整備による立地への影響とともに便益計測を行う。なお、交通ネットワーク分析では、分割配分により交通量配分を行い、(図-5) それより得られた整備有無に対するゾーン間所要時間を本 CUE モデルに入力して計算を行なった。

3.2 新山梨環状道路整備の経済評価

新山梨環状道路の東部、北部区間を整備した際の経済評価の結果を示す。

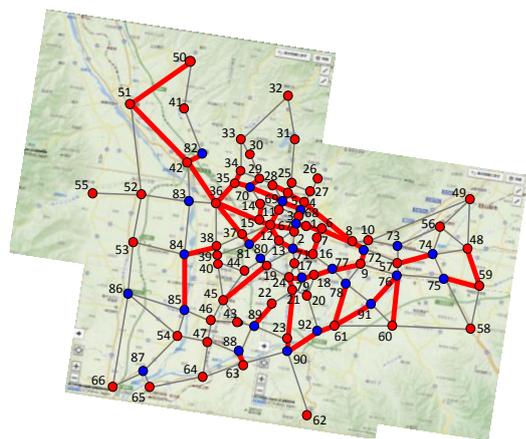


図-5 混雑度 10%減少地域

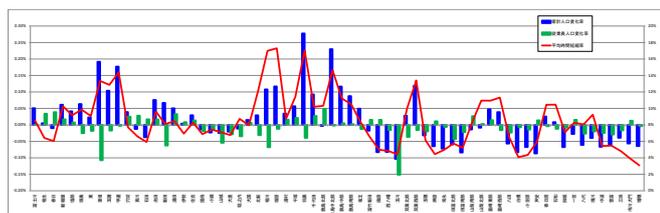


図-6 ゾーン別人口変化 (家計, 従業員)

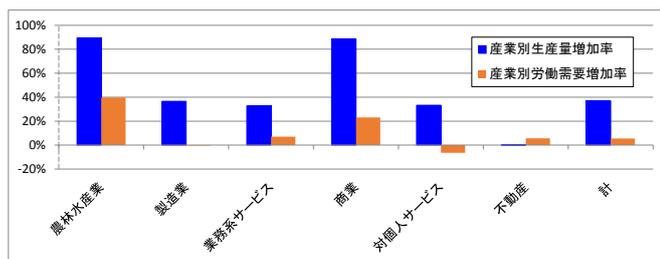


図-7 産業別生産量・労働需要量増加率

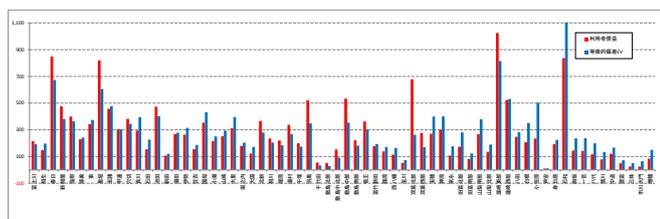


図-8 新山梨環状道路 EV と利用者便益の比較

図-6 よりわかるように、家計 (青) は整備地域の人口が増加するとともに、図-5 よりわかるが、渋滞が緩和された甲府中心地でも人口が増加している。従業員人口 (緑) は、整備地域で増加していないところもある。それは、家計の立地が進んだために当該地域への立地が困難になった可能性が考えられる。

図-7 でわかるように、産業別総生産量は、交通利便性が向上したことにより、家計の財需要が増加し、農林水産業、商業の増加率が高い結果となった。また、地域別労働需要量は、農林水産業の生産増加率が高いため労働

需要が高くなった。また農林水産業に労働需要が高いため、製造業、対個人サービスは生産量が増加しても、農林水産業に従業人口が流れたので、労働需要が減少したと考えられる。

以上から、等価的偏差 EV (青) により便益を求めると 184 億円/年となった。なお、時間短縮による消費者余剰の増分を発生交通側で集計した利用者便益 (緑) は 178 億円/年であった。そして、それらの地域分布を示したものが図-8 である。等価的偏差 EV (青) の便益は、利用者便益に比べ、地域に便益が分散する結果となった。それは、交通整備により企業の輸送費が低下し、それに伴って価格が低下する。その際、都市圏全体で一つの市場が存在すると想定した財については、都市圏全体で同じように財価格が低下するため整備対象地域外でも財価格低下による効果を受用できる。その結果、広範な地域に便益が発生したものと考えられる。

4. 今後の課題

今後は、一般均衡型 CUE モデルの外部地域との輸出入量が外生的に与えられているので、内生的に組み替える予定である。また、新山梨環状道路の整備による外部不経済の計測を行う必要がある。具体的には、郊外化の誘発が主に郊外部で問題を生じさせると予想される CO2 の排出量、社会基盤の維持管理コストの増大に係わる外部性も考慮する。以上を踏まえて、仮に過度な外部不経済が生じた場合には立地規制や交通整備の抑制など、新たな追加政策の検討も行い、総合的な観点から望ましい都市政策を提案する予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省 道路局 都市・地域整備局：費用便益分析マニュアル，国土交通省，2008。
- 2) 上田孝行：Excel で学ぶ地域・都市経済分析，コロナ社，2010。
- 3) 堤盛人，山崎清，小池淳司，瀬谷創：応用都市経済モデルの課題と展望，土木学会論文，Vol. 68, No. 4, pp.344-357, 2012。
- 4) 猪狩祥平：一般均衡型 CUE モデルの開発と都市施設配置計画への適用，山梨大学修士論文，2015。
- 5) 山梨県国土整備部：新山梨環状道路，山梨県，2016。