

交通立地均衡モデルの発展経緯と各モデルの便益計測比較*

Review of transport and location equilibrium model and comparison of benefit measuring at each model*

武藤慎一**

By Shinichi MUTO**

1. はじめに

$$V_{ji}^H = \Delta_1^{\frac{1}{\sigma_1-1}} \cdot M_{ji}^1 \quad (2)$$

筆者は、これまで立地均衡を考慮した応用一般均衡(CGЕ)モデルの開発およびその便益評価への適用に係わる研究に取り組んできた。本稿では、まず当該モデルにおける便益帰着分析を行い、その便益評価に係わる特徴を明らかとする。その上で、交通立地均衡モデルのレビューを行い、各種モデルの便益評価上の特徴を整理する。さらに、今後のこれらのモデルの適用対象について、その可能性についての検討を行う。

ただし、 $\Delta_1 = \beta_H^1 p_H^{(1-\sigma_1)} + \beta_A^1 \{h_i^H\}^{(1-\sigma_1)} + \beta_C^1 p_C^{(1-\sigma_1)}$ 、 V_{ji}^H ：効用水準、 M_{ji}^1 ：所得。

式(1)を項目分解することにより便益帰着構造分析を行う。

2. 立地均衡を考慮した CGE モデルによる便益帰着分析

2.2 経済的影響の帰着構造分析（家計）

式(1)に支出関数 e_{ji} を代入すると以下となる。

$$EV = \sum_i \sum_j \left\{ \Delta_1^{\frac{1}{1-\sigma_1}} \right\}^A \int_{V_{ji}^{H^A}}^{V_{ji}^{H^B}} N_{ji} dV_{ji}^H \quad (3)$$

2.1 等価的偏差の定義

立地均衡を考慮した応用一般均衡(CGЕ)モデルの構造については、既存論文を参照されたい。ここでは、等価的偏差 EV に基づく便益の定義および便益帰着分析の結果を示す。

ここで、間接効用関数が所得と価格の関数である点を考慮して、ロアの恒等式($x_m = -\left(\frac{\partial V}{\partial p_m}\right) / \left(\frac{\partial V}{\partial I}\right)$ [ただし、 V ：間接効用関数、 I ：所得、 x_m ：財の需要量、 p_m ：財価格])を用いると、以下のように間接効用関数の全微分形が求められる。

$$dV_{ji}^H = \frac{\partial V_{ji}^H}{\partial M_{ji}^1} \left[dM_{ji}^1 - x_i^A dh_i^H - x_i^C dp_C - x_i^S dw - \sum_m x_i^m dp_m \right] \quad (4)$$

対象地域全体での総EVは、一人あたりEV(これを ev_{ji} とおく)に人口 N_{ji} を乗じてそれを全ゾーン合計することにより求められる。なお、 ev_{ji} は災害有無での支出関数 e_{ji} の差によって定義される。

式(4)では、所得の限界効用、所得の全微分とも家計の行動モデルより求めることが可能であり、最終的にEVは以下となる。

$$EV = \sum_i \sum_j N_{ji} ev_{ji} = \sum_i \sum_j N_{ji} \left[e(\mathbf{p}^A, \{V_{ji}^H\}^B) - e^A \right] \quad (1)$$

$$EV = \sum_i \sum_j \left\{ \Delta_1^{\frac{1}{1-\sigma_1}} \right\}^A \oint_{A \rightarrow B} N_{ji} \Delta_1^{\frac{1}{\sigma_1-1}} \left[L_{ji}^S dw + kdr - w\delta dt_{ij} - d\Psi^H - x_i^A dh_i^H - x_i^C dp_C - x_i^T dp_T - wx_i^T d \left\{ \sum_k \text{Pr}_{ik}^{HT} t_{ik} \right\} - \sum_m x_i^m dp_m \right] \quad (5)$$

ただし、支出関数 $e_{ji} = \Delta_1^{\frac{1}{1-\sigma_1}} \cdot V_{ji}^H$ 、添え字A：政策なし、B：政策あり。

支出関数 e_{ji} は、家計行動から得られる間接効用関数に基づき得られたものである。

ただし、 $\Psi^H = \tau^H [w\{\Omega - \delta t_{ij}\} + rk_s]$ 。

* キーワーズ：立地均衡，CGEモデル，便益評価
** 正会員 博(工) 山梨大学大学院医学工学総合研究部 工学学域社会システム工学系(甲府市武田 4-3-11, TEL: 055-220-8599, E-Mail: smutoh@yamanashi.ac.jp)

式(5)の積分内は、第一項、二項：賃金率、利子率変化に伴う所得変化、三項：通勤時間変化、四項：税変化、五項、六項：土地消費、将来消費にお

ける余剰変化，七項：旅客運輸消費の価格に対する余剰変化，八項：旅客運輸消費の所要時間に対する余剰変化，九項： m 財消費における余剰変化を表す。

2.3 経済的影響の帰着構造分析（企業）

次に，企業の利潤変化について帰着構造を示す。本来，企業利潤は家計に還元されるとの想定をおき，等価的偏差に利潤変化を含めて考える。しかし，本モデルは，都市圏全体での企業利潤がゼロであるため，前節までの議論では企業利潤を考慮しなかった。しかし，帰着構造を検討する際には企業利潤変化を項目分解する必要があるため，ここでその検討を行うものである。

まず企業利潤は以下のように表される。

$$\Pi^m = \sum_j E_j^m \pi_j^m (=0) \quad (6)$$

ただし， $\pi_j^m = p_m y_j^m - \left\{ a_m^0 t c_j^m + p_F \Theta_j^m + \sum_{m'} p^{m'} a_m^{m'} \right\} y_j^m$ ，

$$\Theta_j^m = \sum_{m'} \left[a_m^{m'} y_m \mu^{m'} \left\{ \sum_k \frac{t_{kj}}{t_{jj}} \text{Pr}_{kj}^{Fm'} \right\} \right] .$$

したがって，災害の有無に対する企業利潤変化 $\Delta \Pi^m$ は以下ようになる。

$$\Delta \Pi^m = \sum_j \oint_{A \rightarrow B} \left(E_j^m d\pi_j^m + \pi_j^m dE_j^m \right) \quad (7)$$

次に従業者一人あたり利潤の全微分形を示す。

$$\begin{aligned} d\pi_j^m &= y_j^m dp^m + \left\{ p^m - a_m^0 t c_j^m - p_F \Theta_j^m - \sum_{m'} \left\{ a_m^{m'} p^{m'} \right\} \right\} dy_j^m \\ &\quad - a_m^0 y_j^m d(t c_j^m) - p_F a_m^0 y_j^m d\Theta_j^m - a_m^0 y_j^m \Theta_j^m dp_F \\ &\quad - \sum_{m'} a_m^{m'} y_j^m dp^{m'} \end{aligned} \quad (8)$$

ただし， $\Theta_j^m = \sum_{m'} \left[a_m^{m'} y_m \mu^{m'} \left\{ \sum_k \frac{t_{kj}}{t_{jj}} \text{Pr}_{kj}^{Fm'} \right\} \right] .$

式(8)の右辺は，第一項：生産財価格変化による収入変化，二項：生産量変化による収入変化，三項：粗生産要素費用変化，四項：貨物マージン変化，五項：貨物価格変化，六項：中間投入財価格変化。

さらに，粗生産要素費用変化を展開する。

$$\begin{aligned} dt c_j^m &= z_j^{m-T} dp_T + w z_j^{m-T} d \left\{ \sum_k (t_{jk} \text{Pr}_{jk}^{TF}) \right\} + D_{pc} \sum_f D_{fj}^m dp_f \\ &\quad + D_{pc} d \left\{ \tau^m f c_j^m \right\} \end{aligned} \quad (9)$$

式(9)の右辺は，第一項：旅客運輸価格変化による業務交通費用変化，二項：業務交通における所要時間変化，三項：生産要素価格変化，四項：税変化。

2.4 数値計算例

ここでは，静岡県浜松市において地震災害の影響分析を行った結果から，ここで示した帰着構造分析の数値計算結果の例を示す。なお，ここで示したものは，浜松市における地震災害の経済的被害の計測を行ったものである。そのため，EV はマイナス値で表されていることには注意が必要である。

評価の対象事象は，東海地震の発生に伴い図-1に示す箇所の橋梁が損傷し，その関連道路が寸断された場合を想定した。その上で，道路交通所要時間の増大が地域経済にもたらす影響について分析を行ったものである。

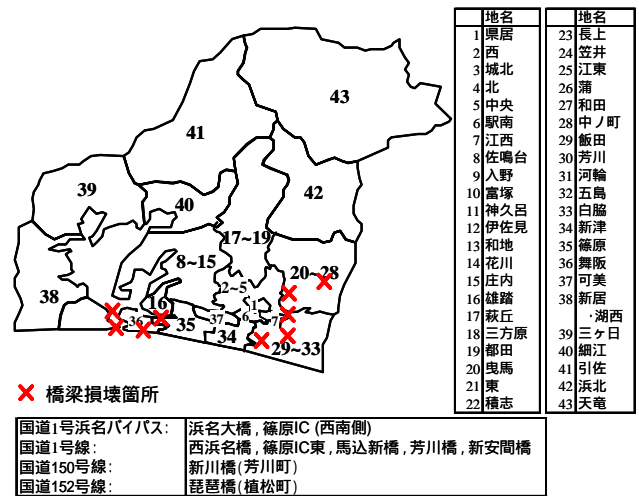


図-1 対象地域と想定道路寸断箇所

表-1には，浜松市全体での主体別の帰着構成表を示したものである。なお，数値化にあたっては，前節で線積分により示されたものを，台形近似によって求めている。そのため，市場で相殺される部分や企業の利潤がゼロとなる部分に誤差が発生している。図-2，3には家計と企業について，地域別・項目別の経済的影響の帰着構造をグラフで示した。家計は，生産財価格の変化による被害と貯蓄価格の変化による影響を強く受けている。また，企業は貨物マージンの増大に伴う影響が大きいものの，しかしその分を財価格の上昇によって賄う行動をとっているものと思われ，結局は家計がその経済的被害を最終的に被っているものと考えられる。

なお，図-4には参考までに一人あたり経済的被害額，総経済的被害額を示した。

表-1 経済的被害帰着構成表

	家計	農林水産業	食料品	繊維・紙	化学製品	鉄鋼	金属製品	一般機械	電気機械	輸送機械	精密工業製品	建設	電力・ガス・水道	商業	金融・保険	その他運輸通信	公務・公共サービス	対事業所サービス	対個人サービス	貨物輸送	旅客輸送	不動産業(民間)	資本形成(民間)	資本形成(公的)	政府消費	純輸出	計	
通勤時間短縮	-22,246																										-22,246	
自由トリップ時間短縮	-3,623																										-3,623	
業務交通時間短縮		-59	-123	-440	-191	-162	-1,132	-110	-302	-2,287	-127	-2,554	-510	-297	-711	-232	-888	-477	-21								-10,623	
貨物交通時間短縮		-6,277	-31,086	-18,611	-12,877	-9,388	-96,144	-120,204	-13,560	-44,389	-2,636	-2,370	-813	-2,397	-10,771	-15,521	-21,288	-17,291	-3,793								-429,419	
生産財価格変化	-3,413	9,805	-3,623	-1,054	-514	-1	0	0	-584	-1,560	-361	19	0	-4	-173	-1	-1,699	0	0	0	0	0	-2,106	0	0	5,380	74	
価格変化	-45,491	-944	42,622	-412	-3	0	0	0	-35	0	0	-20	0	-17	-317	0	-10,609	0	0	0	0	0	-2,381	0	-717	19,457	933	
繊維・化学製品	-9,094	-517	-509	38,735	-568	-367	-2,628	-1,440	-1,732	-4,080	-670	-1,170	-548	-699	-2,737	-902	-1,728	-14,677	-747	-51	-279	-29	-28	6,668	203			
鉄鋼・金属製品	-854	-36	-728	-2,176	24,336	-3,296	-8,274	-4,845	-1,931	-22,367	-47	-323	-4	-174	-302	-129	-636	-196	-3	-19	-657	-1	0	-22,681	19			
一般機械	-58	-2	0	-49	-23	22,834	-566	-475	-51	-502	-9	0	0	0	-3	-4	-504	-69	-1	-0	0	-26,331	-710	0	6,525	1		
電気機械	-9,800	9	-1	-43	-298	-5,094	125,563	-10,376	0	0	-3,613	-5,504	-4	-130	-15	-118	-1,264	-2,380	-20	-85	-25	-5	-32,396	-2,423	0	-51,259	204	
輸送機械	-10,529	-799	0	0	0	0	0	156,490	0	0	0	0	0	0	-667	-10,313	-25,588	-25	-2,370	-7,865	0	-28,923	-609	0	-68,583	218		
精密	-2,774	-40	-44	-858	-1,802	-243	-225	-173	27,055	-1,056	-1,020	-382	-8	-60	-1,293	-332	-1,048	-11	-22	-1	-4,995	-476	0	-10,131	60			
その他工業製品																												
建設	0	-16	10	-165	-99	-22	-103	-23	-18	110,740	-403	-208	-59	-182	-323	-43	-170	-117	-92	-1,103	-87,007	-20,576	0	0	0	0		
電力・ガス・水道	-2,150	-14	-54	-664	-219	-75	-220	-146	-61	203	7,403	-345	-55	-185	-584	-72	-763	-293	-128	-46	0	0	-322	-753	49			
商業	-7,725	-105	-345	-1,160	-376	-327	-1,309	-640	-403	-2,143	-86	18,406	-55	-93	-617	-322	-1,522	-1,570	-119	-22	-2,849	-142	-1	3,704	179			
金融・保険	-1,979	-54	-22	-260	-108	-60	-151	-88	-65	-256	-123	-739	6,903	-192	-147	-352	-633	-1,555	-428	-747	0	0	0	0	1,100	46		
その他運輸通信	-2,897	-16	-38	-332	-125	-60	-258	-126	-117	-525	-84	-1,015	-244	9,506	-389	-530	-537	-4,231	-165	-31	-110	-4	15	2,376	67			
公務・公共サービス	-6,835	0	-3	-106	-18	-21	-191	-55	-22	-14	-13	-7	-4	-19	37,714	-5	-39	-8	-2	-1	0	0	-30,995	799	156			
対事業所サービス	-3,663	-99	-590	-3,778	-898	-898	-4,075	-1,296	-825	-7,735	-1,515	-5,545	-4,330	-3,374	-3,963	48,646	-2,573	-24,325	-1,933	-1,346	-8,382	-775	0	33,354	81			
対個人サービス	-30,299	-116	-248	-1,194	-679	-620	-975	-255	-394	-1,316	-330	-2,355	-955	-1,513	-1,723	-874	48,944	-1,556	-111	-765	0	0	0	-1,986	680			
貨物輸送	-1,233	-1,153	-5,130	-8,099	-5,994	-2,369	-9,647	-17,174	-3,454	-16,448	-894	-1,086	-421	-626	-3,151	-2,574	-5,848	67,915	-822	-51	-514	-20	-1	18,822	28			
旅客輸送	-4,007	-37	-94	-357	-156	-120	-359	-59	-239	-1,973	-125	-2,213	-551	-193	-660	-227	-758	-394	15,898	-76	0	0	0	0	-3,220	98		
貯蓄財価格変化	-167,287																										-167,287	
貯蓄変化																												
現金率(劣)																												
債権(劣)																												
利率(劣)																												
利子率(資本価格)変化	-26,190	450	340	1,137	554	329	1,407	1,751	362	1,327	955	2,008	1,686	1,291	1,758	2,096	1,061	372	5,977								611	
住宅地(土地価格)変化	-1,652																											-4
業務地(土地価格)変化																												
間接税変化	1,954	262	2,606	1,464	494	421	1,987	2,349	288	-3,782	440	-284	10	-530	-3	-754	1,294	-4,497	321	265								-46
従業人口変化																												
生産量変化																												
生産要素投入量変化																												
業務交通投入量変化																												
生産財価格変化																												
自由トリップ時間短縮																												
通勤時間変化																												
合計	-361,846	264	2,890	1,510	516	475	2,598	2,992	346	-3,684	366	-81	13	-83	13	-864	1,296	-4,650	315	-39	0	0	0	0	-1	-311	-358,460	

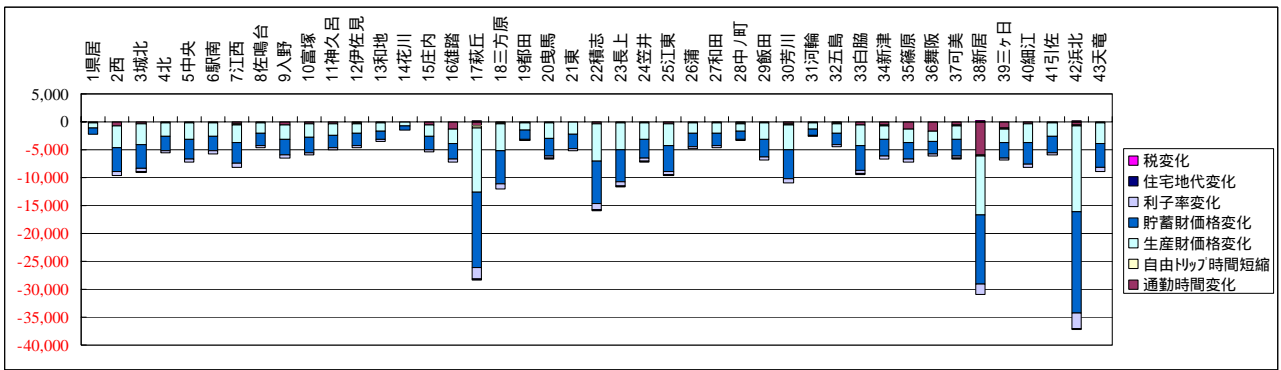


図-2 家計の地域別・項目別経済的被害

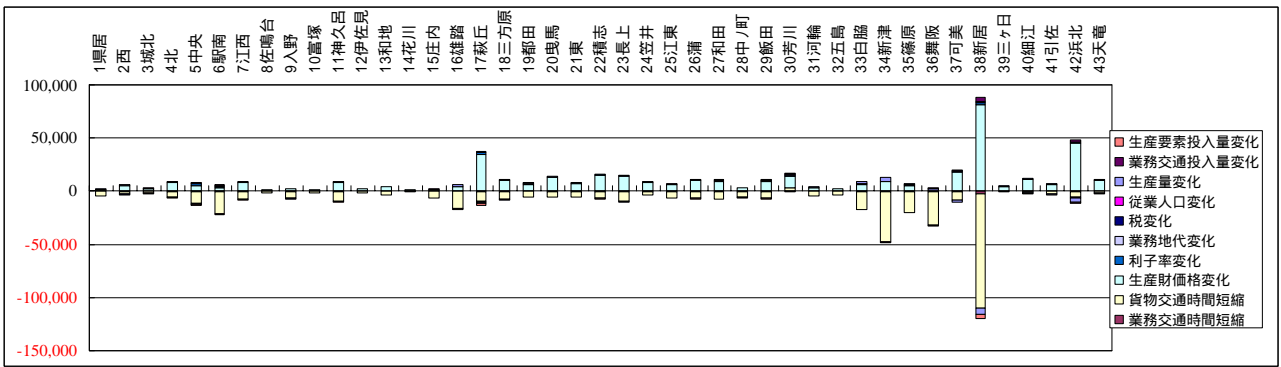


図-3 企業の地域別・項目別の生産費用変化

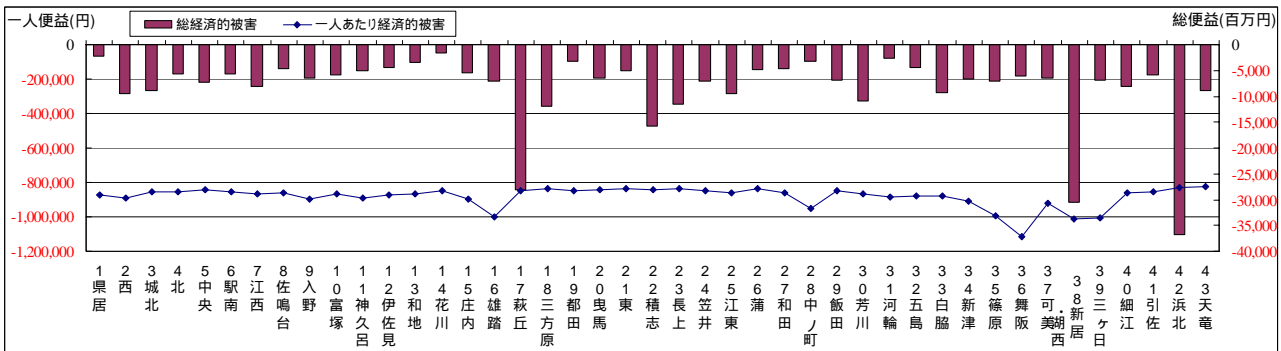


図-4 一人あたり経済的被害額，総経済的被害額

3. 他モデルにおける便益評価の特徴

ここでは、1) 部分均衡分析と2) 応用都市経済(CUE)モデル3) 立地均衡を考慮した応用一般均衡(CGE)モデルの3つのタイプのモデルについて、便益帰着分析に基づく便益評価の特徴を示す。

表-1の結果に基づき特徴を検討すると、1)の部分均衡分析では、通勤時間短縮・自由トリップ時間短縮・業務交通時間短縮・貨物交通時間短縮のみが計上されることとなる。CUEタイプのモデルは、通勤時間短縮・自由トリップ時間短縮・業務交通時間短縮・貨物交通時間短縮に加えて、土地価格変化と人口変化の項目が計上される。そして、CGEタイプのモデルはさらに生産財価格変化、生産要素価格変化の項目が計上され、表-1に示したものとなる。

ただし、土地価格、賃金率、利子率および生産財価格変化の項目については、市場で相殺されるため、総便益には直接的な影響を与えない点には注意が必要である。ただし、これらは間接的に交通市場に影響を与え、そこでの余剰は変化させることになる。

4. 今後の立地モデルの展望

続いて、今後、土地利用 - 交通モデルあるいは交通 - 立地モデル等のモデルの適用に関し、若干の考察を行いたい。

これまでの土地利用 - 交通モデルは、都市圏内の交通整備の影響評価等に適用されてきた。今後は、公共交通の整備等において、特に人口減少の影響も踏まえた評価を行う際に、こうしたモデルの適用が重要となると考えられる。

次に、これまであまり対象とされてこなかった非経済的項目の評価において、こうしたモデルの適用がなされ得るのではないかと考えられる。非経済的項目とは、緑地や環境、安全、安心などの言葉で示されるものであり、これらの整備の評価は、これまでヘドニックアプローチなどが用いられてきた。ヘドニックアプローチは、非経済的項目の整備水準と地価水準との関係をモデル化することにより、非経済的項目の整備評価を行うものである。こう考えると、立地モデルも地価が含まれている点で、ヘドニ

ックアプローチの構造を内包していると考えられる。したがって、ヘドニックアプローチの研究成果を生かしつつ、立地モデルの枠組みで、非経済的項目の整備評価も可能であろうと考えたものである。

最後に、産業立地に係わる政策評価への適用である。これから、特に地方では、いかに産業を確保するか、誘致するかが大きな課題となると考えられる。大域的には、全国的に見てどの地域にどの産業が立地するのかを検討する必要があるが、産業の立地意向において地域のインフラ整備状況というものもまた重要な要素となる。そのため、立地モデルのような都市圏モデルにおいて、より具体的なインフラ整備状況を考慮した産業立地に係わる分析が必要であろうと考えたものである。ただし、この場合、産業行動は都市圏内での交通のやりとりよりも、域外とのやりとりの方が重要となるケースが出てくる可能性のある点が問題となる。すなわち、これまでの立地モデルはその多くがクローズド型のモデルであり、産業立地に係わる問題を扱う場合には、オープン型のモデル化を図る必要のある点が重要な課題であると考えられる。しかし、こうした産業立地状況の適切な推計がなされれば、それらが家計立地、そして家計の様々な消費行動に結びついていくため、その根幹として重要な問題であると考えられる。

5. まとめ

本稿では、立地均衡を考慮した応用一般均衡モデルによる便益帰着分析を行い、その便益評価に係わる特徴を明らかとした。さらに、今後の立地モデルでの分析対象について、若干の考察を行った。

【参考文献】

- (1) 武藤慎一、伊藤聖晃：都市交通に係わる環境施策評価のための立地均衡を考慮した応用一般均衡モデルの開発、環境システム研究論文集、Vol.33、pp.275-284、2005。