Ⅳ—109　輸送施設の経済効果測定に関する研究

北海道大学工学部　正員　小川博三　○五十嵐日出夫　高瀬尚記

1．まえがき　本論文は交通施設・設備の新設に伴い直接・間接に生じる種々の効果を総合的にはあくする方法を研究し、合わせて今迄の研究では極めて少ない数値計算例を作成しようとするものである。さて従来の効果測定法を大観すると、米国の水資源開発プロジェクトに端を発した、1)便益費用分析と、2)インパクト・スタディとよばれる前後比較法、地域比較法と、3)地域間産業連関分析法とがある。ところが便益費用分析によると走行費節減や、輸送時間短縮などの直接効果はほぼ評価し得るものの、産業経済に及ぼす間接的影響を測定する事は至難である。インパクト・スタディは効果測定基準に採択された経済指標のみの評価であり、しかも測定に際して重複計算に陥る恐れがあるなどの欠陥をもっている。それで本研究においてはW.W.Leontief以来、W.Isard、H.B.Cheneryらによって発展せられた一般均衡体系としての地域間産業連関分析法を応用し、従来の効果の微視的測定方法に対し、総合的多部門測定法を樹立しようとするものである。勿論この方法の樹立は本論文固有のものではなく、他に幾多の論文があるが、ただその数値計算例はあまり見当らないのでここにも一つの意義があると考えられる。もっともこの総合的方法は先の微視的方法の個々を全て説明するものではない。また産業連関理論上の問題、たとえば1)投入係数の安定性、2)供給係数の安定性、3)経済単位地域分割、4)産業部門の統合等々の諸問題は、そのままここに論じる総合的評価方法の難点になる。したがって微視的方法と総合的方法とは相補なって一体を成すものと考えるべきである。

2．地域間産業連関分析法　最初に、本研究の根幹となる地域間産業連関分析法に関して、地域別財別の最終需要量を与件としての地域別、産業部門別産出高計算法について簡単に述べる。

(1) Isard Model、地域数U個、産業部門数n個のとき $X_i^K=\sum_{L=1}^{U}\sum_{j=1}^{n}A_{ij}^{KL}\cdot Y_j^L$ （$i=1\sim n$；$K=1\sim U$）ただし X_i^K はK地域のi財産出量、Y_j^L はL地域のj財最終需要量、行列 $(A_{ij}^{KL})=(I-a)^{-1}$。a は地域投入係数 a_{ij}^K を成分とする行列。Iは単位行列。

(2) Chenery Model、$X=(I-P\cdot A)^{-1}\cdot P\cdot Y$

$$X=\begin{pmatrix}X_1^1\\ \vdots\\ X_n^1\\ \vdots\\ X_1^U\\ \vdots\\ X_n^U\end{pmatrix},\quad Y=\begin{pmatrix}Y_1^1\\ \vdots\\ Y_n^1\\ \vdots\\ Y_1^U\\ \vdots\\ Y_n^U\end{pmatrix},\quad P=\left(\begin{array}{cc|c|cc}p_1^{11} & 0 & \cdots & p_1^{1U} & 0\\ 0 & p_n^{11} & & 0 & p_n^{1U}\\ \hline \vdots & & & \vdots & \\ \hline p_1^{U1} & 0 & \cdots & p_1^{UU} & 0\\ 0 & p_n^{U1} & & 0 & p_n^{UU}\end{array}\right),\quad A=\begin{pmatrix}a_{11}^1\cdots a_{1n}^1 & & 0\\ a_{n1}^1\cdots a_{nn}^1 & & \\ & \ddots & \\ & & a_{11}^U\cdots a_{1n}^U\\ 0 & & a_{n1}^U\cdots a_{nn}^U\end{pmatrix}$$

$p_i^{\alpha\beta}$ は供給係数、a_{ij}^{α} は地域投入係数

3．経済効果の算定モデル　次に、L.N.Moses，J.Tinbergen，J.Tinbergen-H.C.Bosの各モデルを基にして経済効果の総合的評価方法について述べる。これらの方法に共通して言える事は、一般均衡状態を保っている経済体系が輸送施設・設備の新設によって不均衡を生じ、それが正しい一般均衡状態に戻った時には初めとは異なる地域間交易型、地域生産水準をひきおこす。ここに生じた変化は全て新輸送施設・設備に起因するものである。そこでこれらの変化量を効果の評価基準にしようとするものである。

(1) Moses Model　地域間産業連関分析法と線型計画法とを結合したモデルである。地域投入係数および地域間の財別輸送費用を与件として、生産費用の最小化という意味での最適交易型を決定する。これと同時に各地域の財別生産量が決まる。次に、新輸送手段の敷設によって新しい交易型が生じ、地域間輸送量、地域生産量が変化する。この変化量を効果の尺度にする。

［記号］P，g：地域；i，j：産業部門（l：労働）；t：輸送手段（最初 t=1～h，新輸送手段は t=h+1）

(イ) 与件　Y_i^p：地域最終需要；a_{ij}^p：地域投入係数；$v_j^{pq}(t)$：輸送費用；K_i^p：生産能力；$W_i^p(t)$：ウェイト；$K^{pq}(t)$：輸送能力；L^p：労働力制限量。(ロ) 変数　$S_j^{pq}(t)$：輸送量。

【モデル】(A) Model I　(i) 制限条件、① p 地需要条件 $\sum_{t=1}^{h}\sum_{r} S_i^{rp}(t) = Y_i^p + \sum_{t=1}^{h}\sum_{j}(a_{ij}^p + v_j^{pq}(t))S_j^{pq}(t)$、② p 地供給条件 $\sum_{t=1}^{h}\sum_{q} S_i^{pq}(t) \leq K_i^p$、③ t 輸送手段 p-q 間能力条件 $\sum_i W_i^p(t) S_i^{pq}(t) \leq K^{pq}(t)$、④ p 地労働力条件 $\sum_{t=1}^{h}\sum_{q}\sum_{j}(a_{ij}^p + v_j^{pq}(t))S_j^{pq}(t) \leq L^p$。(ii) 目的関数。$Z = \sum_{t=1}^{h}\sum_{p}\sum_{q}\sum_{j}(a_{ij}^p + v_j^{pq}(t))S_j^{pq}(t) \to$ MINIMUM。輸送施設敷設後は、輸送手段番号 $t=1,2,\cdots,h$ を、$t=1,2,\cdots,h,h+1$ として、経済の新しい一般均衡状態を定める。このとき、地域最終需要量の変化も加味しなければならない。

(B) Model II　輸送施設敷設前は先の制限条件①を、①′ $\sum_{t=1}^{h}\sum_{r} {}^{k}S_i^{rp}(t) = Y^p + \sum_{t=1}^{h}\sum_{j}(a_{ij}^p + v_j^{pq}(t))\,{}^{k-1}S_j^{pq}(t)$（k は反復回数）とし、①′と③とを制限条件として、その下で上記の目的関数の最小化を計る。これには反復計算法を用いる。Model II の特徴は問題を輸送型にして産業部門別に処理し得る点にある。ただし上記の制限条件③④がシステム内に加わると産業部門別に独立に解を得ることは不可能になる。

【効果の評価方法】(i) 地域 r-s 間輸送量に与える効果 $\sum_{t=1}^{h}\sum_{i}({}^{A}S_i^{rs}(t) - {}^{B}S_i^{rs}(t)) + \sum_i {}^{A}S_i^{rs}(t+1)$。(ii) p 地域生産量に与える効果 $\sum_{t=1}^{h+1}\sum_{q}\sum_{i} {}^{A}S_i^{pq}(t) - \sum_{t=1}^{h}\sum_{q}\sum_{i} {}^{B}S_i^{pq}(t)$。ただし A は新輸送施設の敷設後、B は敷設前を表わす。

(2) Tinbergen Model.　輸送係数の軽減によって消費地価格が変化したとき、買手にとっての供給者間の代替弾力性を無限と仮定するか有限と仮定するかによって、それぞれ Model I, Model II を設定する。

【記号】k, i：地域；h：産業部門。(イ) 与件　P_{ki}^h：生産地価格；T_{ki}：輸送係数；δ_i^h：所得支出性向；δ_i：需要の代替弾力性；σ_i^h：生産能力；σ_i^h：供給弾力性。(ロ) 変数　V_{ki}^h：輸送額；v_{ki}^h：輸送量。

【モデル】(A) Model I　① 定義式 $V_{ki}^h = v_{ki}^h P_k^h T_{ki}$。② i 地需要方程式 $V_{ki}^h = \delta_i^h \sum_{k' \neq h}\sum_{k'} V_{ik'}^{h'}$（i 地に財を供給する地域が k 地でないときは $V_{ki}^h = 0$）。③ i 地供給方程式 $P_i^h \sum_k v_{ik}^h = \sigma_i^h P_i^h - \sigma_i^h \sum_{k \neq h} P_k^{h'} T_{ki}$

(B) Model II　① 定義式 $V_{ki} = v_{ki} P_k T_{ki}$。② i 地需要方程式 $V_{ki} = \delta_i \sum_{k'} V_{ik'} - \delta_i P_k T_{ki} + \frac{\delta_i}{n-1}\sum_{k \neq k} P_{k'} T_{k'i}$。③ i 地供給方程式 $P_i \sum_k v_{ik} = \sigma_i P_i - \sigma_i \sum_{k \neq i} P_k T_{ki}$。Model II では各地域が1つの生産部門だけを有するとみなすので記号 h は付けない。勿論地理上同一の地点にある多数の中心地を仮定して、多地域多部門モデルに拡張することもできる。

【効果の評価方法】新しい一般均衡体系に伴う国民生産増加額を効果測定の尺度とする。

(3) Tinbergen-Bos Model　新輸送施設建設の懐妊期間後における国民所得の最大化を計画するモデル。

【記号】r：地域；h：産業部門（h=1 は輸送部門）。(イ) 与件　t：時点；κ：資本産出高比率；θ：懐妊期間；σ：貯蓄性向；γ：需要の価格弾力性；φ：投入係数。(ロ) 変数　${}^{r}v^h$：生産量；${}^{r}v^{hk}$：中間需要量；${}^{r}w^{hk}$：投資量；${}^{r}c^h$：消費量；${}^{r}e^h$：輸出量；${}^{rr'}x^h$：輸送量；${}^{r}Y$：所得；${}^{r}S$：貯蓄；${}^{r}p^h$：生産地価格。

【モデル】① ${}^{r}w_t^{hk} = \frac{{}^{r}\kappa^{hk'}}{\theta}({}^{r}v_{t+\theta}^{hk'} - {}^{r}v_t^{k'})$　② $\sum_r {}^{r}S_t = \sum_r\sum_h\sum_k {}^{r}w_t^{hk'} \cdot {}^{r}\bar{p}_t^h$　③ ${}^{r}S_t = \sigma \cdot {}^{r}Y_t$　④ ${}^{r}Y_t = \sum_h {}^{r}p_t^h({}^{r}v_t^h - \sum_{k'} {}^{r}\varphi^{hk'} \cdot {}^{r}v_t^{k'})$　⑤ ${}^{r}v_t^h = \sum_{r'} {}^{rr'}x_t^h$

⑥ ${}^{rr}x_t^1 \cdot {}^{r}p_t^1 = \sum_h\sum_{r'} {}^{rr'}x_t^h \cdot {}^{r}p_t^h({}^{rr'}T_t^h - 1) + {}^{r}\gamma^1({}^{r}Y_t - {}^{r}S_t) + {}^{r}\tilde{c}^1 \sum_k {}^{r}p_t^k$　⑦ $\sum_{r'} {}^{r'r}x_t^h = \{{}^{r}\gamma^h({}^{r}Y_t - {}^{r}S_t)/{}^{r}\bar{p}_t^h\} + {}^{r}\tilde{c}^h(\sum_k {}^{r}\bar{p}_t^k/{}^{r}\bar{p}_t^h) + \sum_{k'} {}^{r}v_t^{hk'} + \sum_{k'} {}^{r}w_t^{hk'} + {}^{r}e_t^h$ $(h=2,3,\cdots,H)$

⑧ ${}^{r}v_t^{hk'} = {}^{r}\varphi^{hk'} \cdot {}^{r}v_t^{k'}$　⑨ ${}^{r}p_t^h = {}^{r}\pi^h({}^{r}v_t^h)^{\gamma_1^h}(\sum_{r'} {}^{r'}v_t^h)^{\gamma_2^h}$　⑩ ${}^{rr'}x_t^1 = 0\ (r' \neq r)$　⑪ ${}^{rr'}x_t^h = \{\xi_0 - \xi_1({}^{r'}p_t^h \cdot {}^{rr'}T_t^h / \sum_{r'} {}^{r'}p_t^h \cdot {}^{rr'}T_t^h)\}\sum_{r'} {}^{rr'}x_t^h$ $(h=2,3,\cdots,H)$

⑫ ${}^{r}\bar{p}_t^h = \sum_{r'} {}^{r'r}x_t^h \cdot {}^{r'}p_t^h \cdot {}^{r'r}T_t^h / \sum_{r'} {}^{r'r}x_t^h$　モデルを解くには、先ず ${}^{r}v_t^h$ を外生変数として ${}^{r}w_t^{hk'}$, ${}^{rr'}x_t^h$, ${}^{r}\bar{p}_t^h$ を変数 ${}^{r}v_{t+\theta}^h$ で表わす。次に側面条件 $\sum_r {}^{r}S_t = \sum_r\sum_h\sum_{k'} {}^{r}w_t^{hk'} \cdot {}^{r}\bar{p}_t^h$ を ${}^{r}v_{t+\theta}^h$ で表わして、この下での ${}^{r}Y_{t+\theta}$ の最大化を計画すればよい。

【効果の評価方法】Tinbergen Model に同じ。

4. 数値計算例（別紙）

主要参考文献　Leon N. Moses, "A General Equilibrium Model of Production, Interregional Trade, and Location of Industry." Rev. Econ. Stat., 1960.　J. Tinbergen, "The Appraisal of Road Construction : Two Calculation Schemes." Rev. Econ. Stat. 1957
J. Tinbergen, H. C. Bos, "Mathematical Models of Economic Growth." 1962.