

京都大学工学部	正 員	天野 光三
京都大学大学院	学生員	○三后 泰弘
京都大学大学院	学生員	外山 順一

1. まえがき

我が国の経済は世界に類のない高度成長を遂げてきた。そしてその結果 内部蓄積していた莫々の予備が現在顕在化してきており、そのやえにソーシャル・バランスを保つための社会資本の役割りは今日非常に重要となっている。社会資本に含まれる交通施設整備のための資本投下は、交通施設の有する意義を考へるなら、十分な計画をもつて行なわれる必要がある。我が国の将来の交通体系を考へ交通施設を整備する場合、予算の制限等、種々の制約の中で最も効果的に整備しなくてはならず、その基幹としては、交通施設を整備することによって生じてくる直接効果、間接効果という経済効果を、国民経済的見地より、最も大となるようにすることが必要である。

2. 基本的考え方

交通施設整備による直接効果として輸送費の低下が考えられる。本研究においては「日本全国の総輸送費を最小にする」という直接効果を投資基準として用い、また間接効果については地域間産業連関分析の考えをとり入れることにより投資基準の中に含むことができる。各地域および各財貨の最終需要と生産能力の将来予測値を計算する場合に、交通施設整備のための投資額が一定のもとで、最終需要を満たすに足る原材料および製品の輸送費を最小にするには、各地域にどのような交通投資をなすべきかを考え、次の目的関数を設ける。

$$\text{目的関数 } P = \sum_{r=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{s=1}^n Q_{rs}^{ij} U_{rs}^{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

ここで地域間産業連関分析の考え方を適用すると

$$Q_{rs}^{ij} = k_i U_{rs}^{ij} = k_i t_{rs}^{ij} R_s^i = k_i t_{rs}^{ij} \left(\sum_{j=1}^m a_{ij}^s X_j^s + Y_s^i \right) \quad (2)$$

やえに 目的関数は次のようになる。

$$P = \sum_{r=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{s=1}^n k_i t_{rs}^{ij} \left(\sum_{j=1}^m a_{ij}^s X_j^s + Y_s^i \right) \cdot U_{rs}^{ij} \quad (3)$$

ここに Q_{rs}^{ij} : r 地域から s 地域への ($r \rightarrow s$ 地域) i 財輸送量

U_{rs}^{ij} : $r \rightarrow s$ 地域 i 財 1 単位当りの輸送費

t_{rs}^{ij} : $r \rightarrow s$ 地域の i 財取引額

k_i : 財 i の金額へ重量換算係数

t_{rs}^{ij} : $r \rightarrow s$ 地域の i 財の交易係数

R_s^i : s 地域 i 財需要額

a_{ij}^s : s 地域の $i \rightarrow j$ 産業部門への投入係数

X_j^s : s 地域の j 産業部門の生産額

Y_s^i : s 地域の i 財最終需要額

n : 産業部門数

ここで、交通施設整備のために行なわれる資本投下によって起こる交易係数、生産額、輸送費の変化量を Δt_i^r , ΔX_j^r , ΔV_i^{rs} とすると 目的関数下次のようになる。

$$P = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{r=1}^n k_i (t_i^r + \Delta t_i^r) \left(\sum_{j=1}^m a_{ij}^r (X_j^r + \Delta X_j^r) + Y_i^r \right) (V_i^r + \Delta V_i^r) \quad (4)$$

交通施設整備のための地域間交通投資額 I^r と ΔV_i^{rs} , Δt_i^r , ΔX_j^r との関係は次のように考える。

・ ΔV_i^{rs} と I^r の関係式

輸送量の増大は交通投資額の増大と結びついており 交通投資の増大は輸送費の増大を招くものと考え ΔV_i^{rs} と I^r の関係を次の一次式で仮定する。

$$\Delta V_i^{rs} = C_i^{rs} + d_i^{rs} I^r \quad (5)$$

・ Δt_i^r と I^r の関係式

交易係数 t_i^r の算定モデルとして、生産能力を表わす各地域各産業の有形固定資産額 K_i^r , 各地域間の財別輸送費 b_i^{rs} , およびその他の土地条件 A_i^r を変数とした次のモデル式を用いる。

$$t_i^r = \frac{K_i^r \cdot A_i^r \cdot e^{b_i^{rs} V_i^{rs}}}{\sum_{r=1}^n K_i^r \cdot A_i^r \cdot e^{b_i^{rs} V_i^{rs}}} \quad (6)$$

やえに $\Delta t_i^r = \sum_{s=1}^n \sum_{r=1}^n \frac{\partial t_i^r}{\partial V_i^{rs}} \cdot \Delta V_i^{rs}$

$$= \sum_{s=1}^n [b_i^{rs} \{ (t_i^{rs}) - (t_i^{rs}) \} (C_i^{rs} + d_i^{rs} I^r) + \sum_{r=1}^n b_i^{rs} t_i^{rs} (C_i^{rs} + d_i^{rs} I^r)] \quad (7)$$

ΔX_j^r と I^r の関係式

地域間産業連関分析の産出方程式より, $X = [I - TA]^T Y$. $[I - TA]^T T = B$ とおけば $X = BY$.

すなわち $(X_j^r) = [b_{ji}^{rs}] (Y_i^r)$ であるから

$$\begin{aligned} \Delta X_j^r &= \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^m \left(\sum_{s=1}^n \frac{\partial b_{ji}^{rs}}{\partial V_i^{rs}} \cdot \Delta V_i^{rs} \right) (Y_i^r) \\ &= \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^m \left\{ \sum_{s=1}^n \frac{\partial b_{ji}^{rs}}{\partial V_i^{rs}} \cdot (C_i^{rs} + d_i^{rs} I^r) \right\} (Y_i^r) \end{aligned} \quad (8)$$

ここで $\frac{\partial b_{ji}^{rs}}{\partial V_i^{rs}} = (e_{ji}^{rs})^{rs}$ とおくと $(e_{ji}^{rs})^{rs}$ は Y_i^r 間の輸送費 V_i^{rs} が +1 単位変化したときの b_{ji}^{rs} の変化である。 Y_i^r 間の輸送費 V_i^{rs} が +1 単位変化したときの交易係数の変化は

$$\Delta t_i^{rs} = b_i^{rs} t_i^{rs} (t_i^{rs} - 1) \quad (9)$$

であり 輸送費変化後の運輸部門 ($i=n$) からの投入係数の変化は

$$\Delta a_{nj}^r = \sum_{i=1}^n k_i a_{ij}^r (t_i^{rs} + \Delta t_i^{rs} + V_i^{rs} \cdot \Delta t_i^{rs}) \quad (10)$$

であるから $t_i^{rs} + \Delta t_i^{rs} = t_i^{rs}$, $a_{ij}^r + \Delta a_{ij}^r = a_{ij}^r$ を要素とした $\hat{A}$ を用いて $[I - \hat{T} \hat{A}]^T \hat{Y} = \hat{B}$ を計算する。投資配分の計算を行なう目標年度の $\hat{B}$ の要素を $\hat{b}_{ji}^{rs}$, 基準年度の T , A , を用いて計算した B の要素を b_{ji}^{rs} とすると, $\hat{b}_{ji}^{rs} - b_{ji}^{rs} = \hat{b}_{ji}^{rs}$ かつ $(e_{ji}^{rs})^{rs}$ であるから

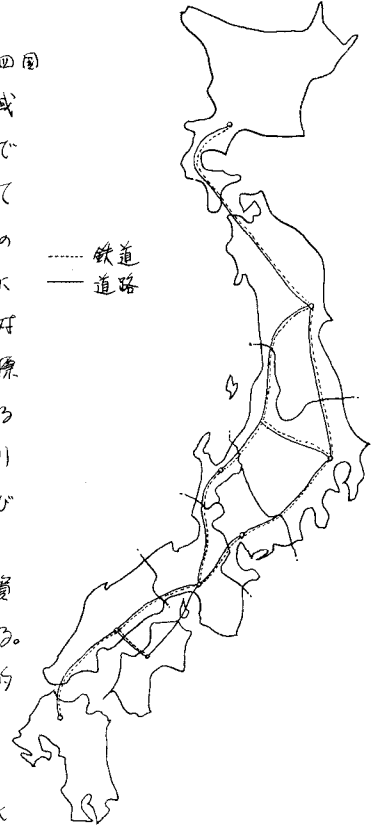
$$\Delta X_j^r = \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^m \left\{ \sum_{s=1}^n (\hat{b}_{ji}^{rs}) (C_i^{rs} + d_i^{rs} I^r) \right\} (Y_i^r) \quad (11)$$

以上の各地域間交通投資額 I^r と関係づけた ΔV_i^{rs} , Δt_i^r , ΔX_j^r を目的関数に代入し, Δ の 2 次以上の項を省略すると 目的関数下式次に変形し, 地域間交通投資額 I^r のみを変数とする 1 次式となるから 適当な制約条件のもとで, L.P. 計算より最適な I^r が決定できる。

$$\begin{aligned} P &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{r=1}^n k_i \left[\left(\sum_{j=1}^m a_{ij}^r X_j^r + Y_i^r \right) (V_i^r + C_i^r + d_i^r I^r) t_i^r + \left[\sum_{s=1}^n b_i^{rs} \sum_{r=1}^n \{ (t_i^{rs}) - (t_i^{rs}) \} (C_i^{rs} + d_i^{rs} I^r) \} \right] \left(\sum_{j=1}^m a_{ij}^r X_j^r + Y_i^r \right) \right. \\ &\quad \left. + \left[V_i^r b_i^{rs} \sum_{r=1}^n t_i^{rs} (C_i^{rs} + d_i^{rs} I^r) \right] \left(\sum_{j=1}^m a_{ij}^r X_j^r + Y_i^r \right) + \sum_{j=1}^m a_{ij}^r V_i^r t_i^r \left[\sum_{s=1}^n \sum_{r=1}^n \{ (\hat{b}_{ji}^{rs}) (C_i^{rs} + d_i^{rs} I^r) \} Y_i^r \right] \right] \end{aligned} \quad (12)$$

3 計算方法

全国を9地域(北海道、東北、関東、東海、北陸、近畿、中国、四国、九州)にわけた。地域別交通機関別で計算されている I_k (r : 地域、 k : 交通機関) をまず地域間交通投資額 I^{rs} に換算する必要がある。そのため交通機関別の全国の路線網を右図のように求めておく。 I^{rs} は r 地域を発地点とし s 地域を着地点とする交通施設の路線に対する投資であると考えよう。 I_k を交通機関別に路線に沿って配分することが必要である。 I_k を r 自地域内の交通施設に対する投資と他の地域と結びつく交通施設に対する投資とに分ける指標として、機関別地域間貨物輸送量 Q_k^{rs} をもつ。というのは、ある地域間 (r, s) の貨物輸送量や他の地域間 (r, s) の貨物輸送量よりも多いならば、当然 r と s の地域の結びつきの r と s 地域の結びつきよりも強いはずであり、貨物輸送量が多ければ、輸送量増強のために投資が行われているのであろう。 r, s 間の路線に対する投資の r が r, s 間の路線に対する投資よりも多いと考えるからである。このように地域間交通施設投資の大小と地域間貨物輸送量は、比例的関係にあると考え、 I_k を Q_k^{rs} を用いて自地域内の交通施設への投資額と、隣接する地域への交通施設に対する投資額とに配分した。隣接する地域が複数ある場合には、隣接する地域への貨物輸送量の比を出し、この比と r 地域への投資から自地域への投資を引いたもの、と r 隣接地域への路線に対する投資額を出した。海運の場合は直接輸送貨物量から地域間海運投資額 I_k^{rs} を求め、道路と鉄道の場合は自地域に対する投資額および隣接する地域への投資額を路線交通配分率に従って加えると I_k^{rs} を求める。以上の3つの I_k^{rs} を加えたものが I^{rs} であり、次式で表わすことになる。



$$I^{rs} = \sum_k \sum_m \sum_{p \neq r} \left\{ I_k^p \left(1 - \frac{Q_k^{rp}}{\sum_s Q_k^{rp}} \right) \left(\frac{Q_k^{rs}}{\sum_s Q_k^{rs}} \right) \cdot m \alpha_k^{rs} \right\} \quad (13)$$

ここに $\sum_s Q_k^{rp}$: p 地域の総貨物量
 $m \alpha_k^{rs}$: r, s 間にある交通機関 k の第 m 本目の路線の交通配分率
 p : r 地域に隣接する地域
 s : r 地域に隣接し r, s 間の交通路線上にある地域

これら9地域間の I^{rs} を更に3地域間(東日本; 北海道、東北、関東、中日本; 東海、北陸、西日本; 近畿、中国、四国、九州)の I^{rs} (ただし路線網は上図) になおしたものが右表である。

I^{rs} (単位)	$r \setminus s$	東日本	中日本	西日本
昭40年	東日本	550,082	357,979	1,654,695
	中日本	356,790	305,522	748,570
	西日本	1,654,520	749,402	749,659
昭43年	東日本	406,382	247,043	1,125,324
	中日本	246,032	201,535	499,669
	西日本	1,125,176	500,276	563,144
昭46年	東日本	701,394	471,836	2,113,654
	中日本	470,382	373,981	938,699
	西日本	2,113,477	939,539	963,184
昭50年	東日本	934,799	586,133	2,543,792
	中日本	584,183	448,839	1,100,669
	西日本	2,542,781	1,101,164	1,205,739
昭55年	東日本	1,557,029	963,631	4,295,442
	中日本	960,775	727,667	1,892,948
	西日本	4,297,703	1,893,627	2,034,352

I^{rs} と ΔV_i^{rs} を 昭和40年, 43年, 46年, 50年, 55年 について計算し(但し, ΔV_i^{rs} を計算するときの基準年度は昭和35年を用いる), それより日本を3地域3産業(第1次, 2次, 3次産業)とわけて C_i^{rs}, d_i^{rs} を計算した。右の表の通りである。但し, 第3次産業は財の輸送がないので $d_i^{rs}=0$ である。

式(12)における未知数 I^{rs} 以外の係数を求めて, 式(12)を最小にする地域間交通投資額 I^{rs} を求め, これより輸送費軽減効果を知ることであるが, 長期間にわたる予測をする場合には次のようになり返して計算を行なう, 短期間の予測を積み上げて行くことが必要である。産業連関表の関係で基準年度としては昭和35年を定めるが, 目標年度には2~3年後をとり, 右下の図に示すように L.P. 計算を行なう, 目的関数を最小にする I^{rs} を求め, これから ΔX_i^{rs} を計算し目標年度の X_i^{rs} を計算する。

この X_i^{rs} を使って目標年度の Y_i^{rs} を計算するが, この計算より出てくる Y_i^{rs} が最初の L.P. 計算で与えた目標年度の Y_i^{rs} と比較して大中に差があるならば, L.P. 計算の制約条件に現在の状態を照らす条件, つまり計算から出てくる Y_i^{rs} の値を最初で与えた Y_i^{rs} に近づく条件を入れ計算しなすべからぬ。このようにして計算から出てきた X_i^{rs} を用いて取引額 d_i^{rs} を計算し, これから d_i^{rs} を計算する。このように次の段階での基準年度の X_i^{rs}, d_i^{rs} と計算を繰り返す。本研究での計算では主として日本を3地域3産業に分類したときの目的関数を最小にするための I^{rs} を求める計算を行なったが, これに関する問題などは講義の時に報告する。

4 まとめ

交通施設を整備する際, 単に要請があるから整備するというのではなく, いかなる問題意識をもって整備して行こうとするのか, 交通施設の重要性を考へるならば今後どの重要となっていくであろう。そしてその際, 何を基準として投資がなされるべきかという問題が残る。本研究では, 総輸送費を最小にするというのを一つの投資基準とし, そのためには地域間交通投資額をどのように配分すればよいか, という点に関し, 考察を加え実際に計算を試みた。

<参考文献>

天野光三 藤田昌久; 交通施設整備による地域構造の変動分析モデルに関する研究(昭和43年8月)

$r \backslash s$	東日本	中日本	西日本
$C_{i=1}^{rs}$	東日本 214.0723	280.3617	631.0809
	中日本 465.5034	-74.9259	269.2585
	西日本 747.4661	114.1786	-16.0467
$d_{i=1}^{rs}$	東日本 -0.0003217	-0.0006868	-0.0003587
	中日本 -0.0009822	-0.0000753	-0.0003727
	西日本 -0.0003963	-0.0002822	-0.0000684
相関係数	東日本 -0.900428	-0.862767	-0.870937
	中日本 -0.875808	-0.829171	-0.803954
	西日本 -0.872844	-0.735033	-0.850707
$C_{i=2}^{rs}$	東日本 114.9706	239.1259	443.0529
	中日本 301.8207	-18.9848	138.3394
	西日本 326.8453	71.1934	-42.2812
$d_{i=2}^{rs}$	東日本 -0.0001123	-0.0003581	-0.0001609
	中日本 -0.0004509	-0.0000847	-0.0001592
	西日本 -0.0001336	-0.0001144	-0.0000250
相関係数	東日本 -0.865446	-0.832241	-0.860608
	中日本 -0.839952	-0.817353	-0.798691
	西日本 -0.868142	-0.794334	-0.821227

