

都市連合形成にはたす交通機能について

INFLUENCE OF THE ADVANCEMENT OF TRAFFIC FACILITIES ON THE FORMATION OF URBAN COMPLEX

清水浩志郎*

By Koshiro SHIMIZU

1. はじめに

最近のわが国の産業、経済構造の変革は第2, 3次産業就業人口を激増させ、都市に人口や事業所を集中させた。その結果、全国土のわずか1.2%しか占めない46万haの都市部に全人口の72%が集中した。このような一部に偏した土地利用と過度の人口集中は大都市での過密、後進地方での過疎現象として重大な社会問題となっている。とりわけ、後進地域での過疎化は地域社会の崩壊すら引き起こしている。この問題の根本的解決については多くの論ずべき点のあることはいままでもないが、少なくとも人口供給源となっている後進地域の地域機能を高め、人口の地元定着を増進し、地域外流出に歯止めをする努力が必要であろう。

そのためには雇用機会の増大、職業選択の多様化などをはからねばならない。しかしながら、こうした後進地域には大幅な私企業の投資は期待できないから、先行投資として交通施設を整備し、魅力ある充実した地域社会を形成させることが必要である。その核たり得るのは都市であるが、後進地域での都市は県都やごく一部の都市を除き、いずれもきわめて都市機能の集積が低い。

そこで、魅力ある地域社会形成のためには、人口規模が比較的類似しており、かつ近接している既存の複数の中小都市がそれぞれ特有の機能を発揮しつつ、相互に不足する機能を補いあって、地域での中心的な役割を果たすことが必要であろう。そのためには、こうしたいくつかの都市を連合させ、各都市のもつ諸施設を相互に享受し得るように、都市連合体内部での日常の交通網と都市連合体相互間を密接に連絡する高速交通網の整備が必要となる。

経済の高度成長による産業構造の変革と交通機関の発達は都市配置に著しい変化を招いた。しかしながら、都市が政治、経済、文化などの面で周辺地域に対して中心

の機能を有し、周辺地域と密接な関係をもつひとつのまとまった地域（都鄙共同体）の中核をなしていることは古今東西を問わず不変である。すなわち、都市を中核として結束された地域、いわゆる都市圏がひとつの地域単位として存在する。われわれが都市連合体を予想するとき、この点に着目して考察をすすめなければならない。

本論文は上述のような認識をふまえて各都市の都市圏に基礎をおく都市連合形成の可能性を定量的、定性的に把握することを目的としている。まず都市連合形成の可能性を定量化するために、交通施設の整備の充実が地域社会におよぼす影響を人口エネルギー、人口エネルギー都市度弾性モデルから定量的に評価する手法を提案した。人口エネルギーの概念を応用したのは、人口エネルギーとは対峙する両地域間の相互接触の程度を量的に表わすものと解釈できるから、交通機関の発達が地域社会に与える影響をマクロに把握できると考えたからである。ここにいう交通機関の発達は利便性、快適性の向上なども含むが、基本的には時間距離の短縮を意味する。ついで、通勤、通学交通を指標とする都市圏とその構造などから都市連合形成の可能性を定性的に把握する手法を提案した。その後これら手法を用いて昭和45年の国勢調査により東北地方諸都市（59都市）について実証的解析を行った。

2. 人口エネルギーと都市連合形成

複雑な構造をもつ地域を分析するには社会的集団の行動と特定地域（たとえば都市など）における人口集積の過程を明確にし、一般化することが必要である。その一方法に人口エネルギーの概念がある。人口エネルギーは次式によって表わされる。

$$DE_i = K \sum_j (P_i P_j / R_{ij}^d) \dots \dots \dots (1)$$

ここに、

DE_i : 地域 i の人口エネルギー

P_i, P_j : 地域 i, j の人口

* 正会員 工修 秋田大学助教授 釧山学部土木工学科

R_{ij} ：地域 i, j 間の距離

K, d ：正の定数

すなわち、人口エネルギーとは人間の社会的交渉の程度を数量化することを目的として、社会集団の行動パターンを空間における距離と集団の大きさとの相互関係に基づいて、プリンストン大学高級物理学研究所の Stewart, J.Q¹⁾ によって提唱されたものである。Stewart は Newton 物理学に基礎をおく万有引力の法則からの類推によって、社会集団の行動パターンのマクロな数量的規則性を把握するために3つの概念を提案した。それは人口力、人口ポテンシャル、人口エネルギーである。さらに彼はこれら概念を合衆国、南米、ドイツ、日本などに応用し、良い結果を得た。

わが国でのこの種の研究例²⁾は少なく、浜、森田、鏡味、藤沢・山澄、小川の研究など数例をみるにすぎない。このうち小川を除く研究はいずれも人口ポテンシャルそのものの尺度による人口の地域分布から地域の性格が把握できると考え、Stewart 流にある地域が他地域の人口集団から受ける影響の程度を等ポテンシャル線として地図上に表現した。小川は式(1)のモデルを構成する各要素を吟味することにより、従来用いられていた空間距離を時間距離におきかえ、新しく人口エネルギーの概念を開発した。そして、全国46都道府県について人口エネルギーを計算し、交通機関発達による地域構造の変化、すなわち地域経済に与える影響を計量した。小川³⁾はある地点の人口エネルギーを表わす式(1)の右辺の各要素は地域 i, j 間の引力量(交通量)を表わすから、交通施設の新設、改良などにより時間距離が短縮されたとき、人口エネルギーの増大によって、関連した地域がどのような影響を受けるかを定量的に把握できるかと考えた。これは人口エネルギーを地域計画に応用した新しい試みである。

この理論を応用し、より詳細(都市別)に、さらに都市圏の概念を導入して分析すれば、交通機関の発達によって影響をうける程度と範囲が明確になるから、都市連合形成可能地域をさぐり出すことは可能であろう。

3. 交通機関の発達が都市連合形成におよぼす影響の評価

後述するように、人口エネルギーと都市の諸機能を示す指標との間には表-1に示すように相関関係がある。両者間での因と果については明確ではないが、人口エネルギーを増加させることによって、都市での経済的諸条件が向上するであろうことは容易に想像される。

ところで、人口エネルギーの増大とは式(1)において K, d を一定^{注1)}とすれば次のいずれかの場合に生じる。

- ① P_i または P_j の増大
- ② P_i と P_j の増大
- ③ R_{ij} の短縮

これらのうち③は政策的に操作しやすいから、人口エネルギーの増大は R_{ij} の短縮、すなわち交通機関の発達度合によって決定される。

次に、交通機関の発達によって、各地点の人口エネルギーの増加量(ΔDE_i)が算出されたならば、この値に基づいて、各地点におよぼす影響度を評価しておかねばならない。

(1) 人口エネルギーの変化からみた考察⁴⁾

交通機関発達によるある地点の人口エネルギーの増加量 $\Delta DE_i (DE_i' - DE_i)$ は各地点での増加量の平均値 $\overline{\Delta DE}$ のまわりに、正規分布に従うと仮定^{注2)}すれば、平均値からの差を統計的に処理することにより、各地点での影響度を序列化できる。ここでは母平均値の区間推定法⁵⁾を利用した。

いま平均値 μ 、標準偏差 σ_1 の正規分布をする母集団から k 個のデータを抜きとったとき、そのデータの平均値が h であるとすれば、 h の分布は次式にて表わすことができる。

$$P(h) = \frac{\sqrt{k}}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{k(h-\mu)^2}{2\sigma_1^2}} \dots \dots \dots (2)$$

危険率 α に対する上、下限値の範囲内に母平均のある確率 (P_r) は $(1-\alpha)$ に等しいから

$$1-\alpha = \int_L^U P(h) dh = P_r \dots \dots \dots (3)$$

ところが、一般には μ, σ_1 は不明だから、 t 分布を用いた次式にて確率の信頼限界を求める。

$$\left. \begin{aligned} U &= h + t(\phi, \alpha) \frac{\sigma_E}{\sqrt{k-1}} \\ L &= h - t(\phi, \alpha) \frac{\sigma_E}{\sqrt{k-1}} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (4)$$

- ここに、
- U ：上限値 (Upper Control Limit)
- L ：下限値 (Lower Control Limit)
- σ_E ：データの不偏分散の平方根
- h ：データの平均値
- $t(\phi, \alpha)$ ：自由度 $\phi(k-1)$ 、危険率 α のときの t 値
- k ：データ数

式(4)は対象全地点の人口エネルギーの平均増加量 ($\overline{\Delta DE}$) の上、下限値を与える。この上、または下限値

注 1)：人口エネルギーの概念によれば、対象となる地域の規模によって、係数 K, d は変化するはずである。しかしながら現実にはこれらの値を普遍的に決定する方法がないため、従来の研究ではそれぞれを1.0として人口エネルギーを算出した。

注 2)：正規分布への適合度について χ^2 -検定を行ったところ危険率5%で仮説が受容された。

と ΔDE_i の比をとることにより、各地点での影響を示す尺度の評価ができる。

そこで、式 (4) の上限値を利用して i 地点での影響度を示す指標 (G_i) を次式にて定義した。ここに U_{DE} は人口エネルギーの平均増加量 ($\overline{\Delta DE}$) の上限値である。

$$G_i = \Delta DE_i / U_{DE} \dots\dots\dots (5)$$

(2) 人口エネルギー・都市度弾性モデルからみた考察

都市度⁹⁾ (都市力) を正確に把握することは困難である。それは人間の容貌が千差万別であるように、都市もまた種々の要因によって立地、発展しているからである。すなわち、都市は都市一般のもつ普遍的な性格とその都市固有の性格を有している。そこで、本解析ではこうした都市の差異、格差の数量的表現による都市発達の度合を都市度と定義した。

人口エネルギーとその地域の経済活動を示す諸指標との間に密接な正の相関関係があるから、人口エネルギーと都市度ともまた正の相関関係があるはずである。人口エネルギー・都市度関数として

$$Y = f(DE) \dots\dots\dots (6)$$

とすれば、式 (6) は増加関数である。人口エネルギー DE が交通機関の発達によって $DE'(DE + \Delta DE)$ に増加したとき、都市度 (経済規模) Y が $Y'(Y + \Delta Y)$ に増加すれば

$$\Delta Y / Y = b(\Delta DE / DE) \dots\dots\dots (7)$$

となる。上式の b は DE に対する Y の弾性⁷⁾ (elasticity) である。式 (7) より、 $\Delta DE \rightarrow 0$ のとき、

$$b = (DE/Y) \cdot (\partial Y / \partial DE) \dots\dots\dots (8)$$

式 (6) を連続関数と仮定し、かつ b を一定とすれば、次式が得られる。

$$Y = \frac{(\partial Y / \partial DE)}{b} \cdot DE \dots\dots\dots (9)$$

i 都市での人口エネルギー DE_i と都市度 Y_i との関係は増加関数であるが、 DE_i の増加に伴って、 Y_i の増加率は逡減すると仮定⁸⁾すれば、次式のようなべき関数⁹⁾はこれらの条件を満たす。

$$Y = gDE^b \quad (g > 0, 0 < b < 1) \dots\dots\dots (10)$$

式 (10) を人口エネルギー・都市度弾性モデルと仮に名づけた。交通機関の発達による人口エネルギーの増加量 ΔDE に対する都市度の増加量 ΔY は式 (10) より簡単に算出できる。

$$\Delta Y = Y' - Y \dots\dots\dots (11)$$

上式から、各都市別に ΔY_i が算出されたならば、これらの平均値 ($\overline{\Delta Y}$) と式 (4) とから、各都市別の交通機関の発達によって受ける影響度の評価が可能である。 i 都市での影響度を示す指標 (H_i) を次のように定義し

た。ここに U_Y は都市度の平均増加量 ($\overline{\Delta Y}$) の上限値を示す。

$$H_i = \Delta Y_i / U_Y \dots\dots\dots (12)$$

$G_i, H_i \geq 1$ ならば、 ΔDE_i または ΔY_i は上限値を越え、全体の平均値に対して差異が認められる。 $G_i, H_i < 1$ のときには $\Delta DE_i, \Delta Y_i$ は限界値内の変動で、全体の平均値に対して特に異常は認められない。すなわち、各都市での G_i, H_i 値が 1.0 より大きい値をとるほど、 i 都市での交通機関の発達による影響が全体に比較して大きいことを示唆している。

4. 都市連合形成可能地域の選定法

交通機関の発達による都市連合形成の可能性を定性的に把握する手法として次の 2 方法を用いた。

(1) 情報理論の応用による選定法

お互に排反し、かつ可能な n 個の事象 E_1, E_2, \dots, E_n がそれぞれ p_1, p_2, \dots, p_n の生起確率をもつとき、 $\sum p_i = 1$ であり、各事象の生起する確率が同一であれば、 $p_1 = p_2 = \dots = p_n = 1/n$ である。各事象に対する不確実性は

$$\log_2(1/p_i) = -\log_2 p_i \dots\dots\dots (13)$$

で表わされ、不確実性の期待値 ET_1 は

$$ET_1 = -\sum p_i \log_2 p_i \dots\dots\dots (14)$$

である。これをエントロピー¹⁰⁾ (entropy) といい、すべての事象が同確率のとき、 ET_1 は最大値をとり、次式にて表わされる。

$$ET_{\max} = -\log_2(1/n) = \log_2 n \dots\dots\dots (15)$$

もし各事象の生起確率が p_1, p_2, \dots, p_n であるという情報を得たならば、エントロピーは

$$ET = ET_{\max} - ET_1 = \log_2 n + \sum p_i \log_2 p_i \dots\dots\dots (16)$$

だけ減少する。このエントロピーの減少量のことを、この情報によって得た情報量という。情報量は入・出力と雑音とによって決定されるから、これらの関係を入力情報 x 、出力情報 y とすれば、次式にて表わすことができる。

$$\left. \begin{aligned} I(x) &= H(x) - T \\ K(y) &= H(y) - T \\ H(x, y) &= I(x) + K(y) + T \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (17)$$

ここに、

$I(x)$: 伝達によって失われた情報量 (散逸情報量)

$K(y)$: 伝達によって付加された情報量 (雑音)

$H(x)$: 平均入力情報量

$H(y)$: 平均出力情報量

T ：平均情報伝達量

$H(x, y)$ ：入力と出力の双方を知ったときに得る全体の情報量

計量心理学¹¹⁾の分野では平均情報伝達量を利用して、分類の問題に応用している。その方法は次のとおりである。

いま、レベルが l 組、反応が m 個のカテゴリーに分類されているデータが次表のとおりであるとする。

レベル カテゴリー	1	2	.....	i	.....	l	合計	$P(y_j)$
1	n_{11}	n_{21}	.....	n_{i1}	.....	n_{l1}	N_1	$P(y_1)$
2	n_{12}	n_{22}	.....	n_{i2}	.....	n_{l2}	N_2	$P(y_2)$
.....
j	n_{1j}	n_{2j}	.....	n_{ij}	.....	n_{lj}	N_j	$P(y_j)$
.....
m	n_{1m}	n_{2m}	.....	n_{im}	.....	n_{lm}	N_m	$P(y_m)$
合計	L_1	L_2	.....	L_i	.....	L_l	NT	
$P(x_i)$	$P(x_1)$	$P(x_2)$	.....	$P(x_i)$	.....	$P(x_l)$		

n_{ij} はレベル i , カテゴリー j に分類された頻度とすれば L_i, N_j, NT は各レベル, カテゴリーの合計であるから $L_i = \sum_j n_{ij}, N_j = \sum_i n_{ij}, NT = \sum_i \sum_j n_{ij}$ である。 n_{ij} の全体に対する確率 p_{ij} , 各レベル, カテゴリーの合計の全体量 (N) に対する確率 $P(x_i), P(y_j)$ はそれぞれ次式にて求められる。

$$p_{ij} = n_{ij}/NT, P(x_i) = L_i/NT, P(y_j) = N_j/NT \dots\dots\dots(18)$$

レベル x , カテゴリー y に対するあいまいさ (不確実性) は式 (14) より

$$\left. \begin{aligned} H(x_i) &= -\sum_j P(x_i) \log_2 P(x_i) \\ H(y_j) &= -\sum_i P(y_j) \log_2 P(y_j) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(19)$$

と求められる。 $H(x_i)$ と $H(y_j)$ との和(合併)を $H(x_i, y_j)$ とすれば,

$$H(x_i, y_j) = -\sum_i \sum_j p_{ij} \log_2 p_{ij} \dots\dots\dots(20)$$

したがって、平均情報伝達量は式 (17), (19), (20) より

$$\begin{aligned} T &= \sum_i \sum_j p_{ij} \log_2 p_{ij} - \sum_i P(x_i) \log_2 P(x_i) \\ &\quad - \sum_j P(y_j) \log_2 P(y_j) \dots\dots\dots(21) \end{aligned}$$

と表わすことができる。

この考えをわれわれの目的とする都市連合形成可能地域選定に利用するにはカテゴリーとして都市を、時間距離別の人口エネルギーをレベルにとり、この理論を次のように応用すればよい。

各列, すなわち各レベル i の確率 $P(x_i) = 1$ とし、レベ

ル i の合計に対する各カテゴリーの確率を $c_{ij} (= n_{ij}/L_i)$ とすれば、 $P(x_i) = \sum_j c_{ij} = 1$ となる。カテゴリーの平均情報伝達量は式 (17), (19), (20), (21) より

$$\begin{aligned} T &= \sum_i P(x_i) \sum_j c_{ij} \log_2 c_{ij} \\ &\quad - \sum_j P(y_j) \log_2 P(y_j) \dots\dots\dots(22) \end{aligned}$$

であるから、カテゴリー j の平均情報伝達量 C_j は

$$C_j = \sum_i c_{ij} \log_2 c_{ij} - P(y_j) \log_2 P(y_j) \dots\dots(23)$$

である。

C 値は人口エネルギーの分布状況の均等性を示す相対的な尺度を表わすから、分布が均等であれば高い値となり、ある特定のものに偏しておれば低い値となる。すなわち、 C_j 値が高い値をとるならば、都市 j はすべての時間帯に均一な人口エネルギーを有することとなる。そこでこの C 値を人口エネルギー分布均一指標と名づけた。

C 値によって都市の規模や周辺地域との接触度合、さらに都市周辺の市町村の分布状態が推測できる。

(2) 都市圏¹²⁾による選定法

都市連合体はいくつかの都市がお互に不足する機能を充足しあって発展する地域社会である。都市は周辺農山村地域と密接な関係をもつ、ひとつのまとまった地域社会の中核をなしている。この都市を中核として結束された地域、いわゆる都市圏がひとつの地域社会として存在するから、都市連合体とは都市圏の連合体とも解釈できる。

都市圏の概念として“都市圏とは都市を中心とする総合機能圏のうち、勢力圏の性質を有するものであり、都市を中心とする日常生活上密接な地域依存関係をもつ直接的接触圏をいう。”と定義することができる。すなわち、都市圏とは中心都市の諸機能が周辺地域に影響をおよぼす範囲で、通常は数種の圏(行政圏, 経済圏, 生活圏, 文化圏など)の複合体である。したがって、都市圏を想定するには都市の本質を十分に理解し、それに対応する方法がとられねばならない。しかしながら、上述の定義は抽象的であり、現実的に定量的把握を試みるためには核心(中心), 周辺, 境界(限界), 指標(通勤・通学交通量など)からの追究が必要であろう。そこで、上述の概念を一応満足するものとして、次のような理由から通勤・通学交通圏をとって都市圏とした。

- ① 中心都市と周辺地域との間における密接な日常の地域間依存関係を表わすものとして、通勤・通学交通量がある。
- ② 通勤・通学交通量の大小によって周辺地域に対する都市の中心性が究明できる。
- ③ 通勤、通学交通量は他の指標に比べて比較的正確

な数字で把握できる。

都市圏想定モデルは通勤・通学交通の分布モデルより誘導した。交通分布モデルにはいろいろのものがあるが、本論文では引力モデルの変形とみられる小川博三¹³⁾の提唱する P/M 曲線を利用した。

$$P/M = a/R - c \dots\dots\dots(24)$$

小川は任意の鉄道路線を取り、起点と定めた駅を A とし、それより順番に地点を $1, 2, \dots, n$, としたとき、 A より $1, 2, \dots, n$, に至る交通量が $p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{in}$ で、各地点での総交通量が M_1, M_2, \dots, M_n であるとき、横軸に A からの時間距離をとり、縦軸に $p_{i1}/M_1, p_{i2}/M_2, \dots, p_{in}/M_n$ をとってグラフに描けば双曲線を得るとして、これを P/M 曲線と名づけた。 P/M 曲線を通勤・通学交通分布モデルとして利用するために、本解析では式 (24) の説明変数を次のようにとった。

P/M : 流入人口比率

P : 対象地域 j から中心地域 i への通勤・通学交通量 (人)

M : 地域 j の人口 (1000 人)

R : 地域 i, j 間の最短時間距離 (分)

a, c : 正の定数

なお、式 (24) では $R_1 = a/c$ のとき、 $P/M = 0$ となる。この距離は理論限界といわれている。

式 (24) を利用することにより、都市圏想定が可能である。 P/M 曲線によれば、地域間の相互依存関係は距離の増大に伴って双曲線的に減少し、ある距離のところまで、急激に減少し、その後減少の度合いが緩慢となる。このことより、減少度が緩慢となる範囲を境として、通勤・通学交通の流動パターンに変化が生じ、地域間依存に差異があると考えられるから、この限界を第一次限界 (R_2) と定義した。この第一次限界によって都市圏の範囲が想定できる。第一次限界は曲線の考えを応用し、式 (26) での接円半径 (ρ) を最小とする点にとった。 $P/M = f(R)$ とすれば接円半径は

$$\rho = \frac{\{1 + (f'(R))^2\}^{3/2}}{f''(R)} \dots\dots\dots(25)$$

で表われ、都市圏想定モデルは次式にて表わされる。

$$R_2 = R_{\min} \rho = \sqrt{a} \dots\dots\dots(26)$$

筆者の別の解析¹⁴⁾によれば、周辺地域から都市に流入する通勤・通学交通量の約 70% が第一次限界内からの流入で、理論限界内からは全交通量の 95% 程度が流入している。つまり、都市連合体を予想するとき 2つの交通限界が利用できる。一つは最も密接な相互接触をすると思われる第一次限界で、他の一つはこの範囲以遠は考慮の必要がない理論限界である。

5. 東北地方諸都市における実証的解析

(1) 東北地方諸都市の人口エネルギー

ある都市の人口エネルギー (DE_i) を示す式 (1) の右辺の各要素は i 都市の人口 (P_i)、 i 都市と対峙する地域の人口 (P_j) およびその間の距離 (R_{ij}) のみであるから、これらのデータの得られるところではどこでも計算は可能である。しかしながら、筆者の目的とする都市連合形成の可能地域をさぐるには日常の直接的、相互的接触圏までを考慮すればほぼ十分である。そこで、東北地方諸都市での人口エネルギーは時間距離圏として 150 分圏までをとり、この範囲を時間距離 30 分ごとにリング状に 5 段階に分け式 (1) の各要素を次のとおり計算した。

P_i : 対象市制都市人口 (人) (59 都市)

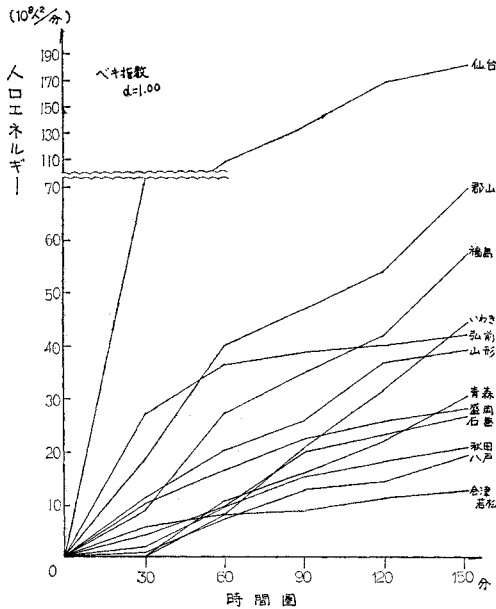
P_j : 周辺市町村人口 (人)

R_{ij} : i, j 間最短時間距離 (分) (鉄道による所要時間によるものとし、一部鉄道のないところにはバスによる所要時間)

d : 0.25 から 0.25 きざみで 3.00 までの 12 段階
 K : 1.0

また K, d 値¹⁵⁾についてはすでに経験的な値が与えられているが、これらの値はいずれもその時点の歴史的、時代的、地域的な背景の上に立脚しているものであるから、それらをそのまま使用することはできない。そのため、 d の想定値を 12 段階に分けた。その結果、東北地方 59 市では $59 \times 5 \times 12 = 3540$ 個の人口エネルギーが算出された。 d 値の想定値を 12 段階に分け、3540 個の人口エネルギーで検討したところ、べき指数 d の増大に伴って各都市の各時間圏での人口エネルギーは相対的に減少するから、各都市の人口エネルギー値の順位にほとんど変化が認められなかった。ただ各都市の周辺に分布する人口は、均一であり得ないから時間圏のとり方によって、各都市の人口エネルギー値の順位や相対比率に変化が認められた。分析結果の一例として d 値が 1.00 の場合を図-1 に示す。このことは東北地方諸都市の人口エネルギー値が d 値より時間圏の選択によって大きな影響を受けることを示唆している。そこで最も単純な型として d 値を 1.00 にとり、後述する都市圏の範囲を考慮して 60 分圏の人口エネルギーを採用することにした。

次に、この人口エネルギーと都市の経済活動を示す指標との相関関係を調べておかねばならない。都市の諸機能を表わすと推測される指標にはいろいろのものがああり、研究対象によって種々に分類されている。しかしながら、本解析のように広域都市である人口 50 万人以上



図一 時間距離人口エネルギー (人口10万人以上諸都市)

を擁する仙台市から、わずか3万数千人の農村的都市までを対象としている場合には満足できる指標を十分に採取することは不可能である。そこで、公刊されている統計書から採取可能な32指標を抽出し、人口エネルギーとの相関関係を検討した。その結果は表一に示すとおりである。

(1) 東北地方諸都市における交通機関の発達による影響度

各都市の経済活動の状態を表わす指標と人口エネルギーとの間に相関関係のあることが判明したので、交通機関の発達による人口エネルギーの増加量に基づいて各都市での G_i, H_i 値を算出した。なお、交通機関の発達状態を次の3段階に分けた。

- 段階1 時間距離が5%短縮された場合
- 段階2 " 10% "
- 段階3 " 15% "

H_i 値算出の基礎となる人口エネルギー・都市度弾性モデルは表一の指標から、実数で得られる20指標を用いて計算し、次式を得た。

$$Y_i = 11.690 DE_i^{0.397} \left\{ \sum_{f=1}^q 100 \left(\frac{y_{if}}{\sum_{f=1}^m y_{if}} \right) \right\} \dots\dots\dots (27)$$

ここに、

- DE_i : i 都市の人口エネルギー (10⁸人²/分)
- Y_i : i 都市の都市度
- y_{if} : i 都市の f 経済指標値
- m : 都市数 (59 都市)

表一 都市諸機能と人口エネルギーとの相関表

都市の諸機能		相関係数		
機能	指標			
基本指標	1*	夜間人口	0.7872	
	2*	歳入額	0.7346	
	人口構造指標	3*	D I D人口	0.8381
		4*	昼間就業・学人口	0.8272
		5	第一次産業人口比	-0.3990
		6	第二次産業人口比	0.0337
		7	第三次産業人口比	0.4604
		8	D I D人口率	0.4234
		9	人口増加率	0.5071
		10	人口密度	0.6310
経済力集積指標		11*	事業所数	0.7713
		12*	金融機関店舗数	0.7823
	13*	工業製品出荷額	0.5676	
	14*	卸売業年間販売額	0.9089	
	15*	小売業年間販売額	0.8144	
	16	卸売率	0.7216	
	17*	専門的技術的職業従事者数	0.8569	
	18*	管理的職業従事者数	0.8652	
文化・情報管理指標	19*	政府出先機関数	0.6993	
	20	市役所職員数	0.7029	
	21*	図書館蔵書数	0.2811	
	22*	小・中学校数	0.5369	
	23*	大学・短大・高校数	0.7910	
	24*	大学・短大学生数	0.9360	
	25*	教員数	0.6971	
消費経済指標	26*	着工住宅数	0.8365	
	27*	飲食店年間販売額	0.8362	
	28*	対個人サービス・娯楽業従事者数	0.8144	
その他指標	29	電話普及率	0.3382	
	30	上水道普及率	0.2522	
	31	到着列車本数	0.7473	
	32	交通量 (通勤・通学交通量)	0.9353	

(注) 1. *印の指標は都市度の計算に使用
2. 相関係数0.4166以上のとき、有意水準0.001以上

q : 経済指標の数 (表一で*印のついた20指標)

なお、式(27)の回帰係数の t -検定の値は5.491であり、両辺を対数でとった場合の相関係数は0.5882である。式(27)と人口エネルギー増加量より、 H_i 値が算出される。都市別の人口エネルギー (DE_i)、都市度 (Y_i)、 G_i, H_i 値および都市類型は表二に、交通機関発達段階別の \bar{ADE}, \bar{AY} を表三に示す。なお、式(4)の計算では危険率10%とした。

G_i 値は表二、図二より、仙台市ひとりが高い。そして、むつ、釜石、大船渡、久慈、遠野、陸前高田、気仙沼、原町、喜多方市など、いわゆる孤立的な都市でのそれは低い。比較的高い値をとる都市は弘前市周辺、盛

表-2 都市連合形成可能地域選定一覧表

都 市	60分圏内 人口エネ ルギー (10 ⁸ 人 ² /分)	G 値			都市度 (都市力)	H 値			C 値 (10 ⁻³)	D 値 (%)	都市類型 ¹⁾		
		段 階				段 階					流 動 性 向 による	C、D値 による	
		1	2	3		1	2	3					
1	青森市	10.983	0.576	0.524	0.582	95.2	0.713	0.707	0.790	377	36	A	Ⅳ
2	弘前市	36.565	2.573	2.042	1.731	60.8	1.534	1.327	1.144	304	87	A	Ⅱ
3	八戸市	7.640	0.946	0.612	0.695	73.5	1.428	1.007	1.127	235	40	A	Ⅳ
4	黒石市	5.327	0.547	0.376	0.651	11.6	1.032	0.773	1.275	64	70	C	Ⅰ
5	五所川原市	7.936	0.416	0.504	0.412	17.2	0.626	0.818	0.680	78	81	A	Ⅰ
6	十和田市	2.297	0.171	0.150	0.155	19.1	0.541	0.514	0.532	65	41	B	Ⅲ
7	三沢市	4.208	0.244	0.230	0.192	12.8	0.540	0.552	0.469	61	68	A	Ⅰ
8	むつ市	0.616	0.091	0.056	0.041	14.8	0.620	0.416	0.312	14	50	D	Ⅲ
9	盛岡市	16.904	2.399	1.630	1.183	98.6	2.232	1.643	1.215	313	60	A	Ⅱ
10	釜石市	1.162	0.061	0.055	0.048	27.6	0.292	0.289	0.257	28	46	A	Ⅲ
11	宮古市	0.626	0.033	0.030	0.026	21.3	0.229	0.228	0.202	13	44	D	Ⅲ
12	一関市	5.333	0.663	0.463	0.561	22.6	1.241	0.941	1.116	179	40	A	Ⅲ
13	大船渡市	0.593	0.031	0.028	0.025	14.2	0.222	0.222	0.196	21	36	A	Ⅲ
14	水沢市	6.915	0.698	0.517	0.397	19.3	1.126	0.906	0.708	108	65	B	Ⅰ
15	花巻市	10.785	1.238	0.821	0.627	24.6	1.522	1.098	0.855	118	81	B	Ⅰ
16	北上市	7.304	2.028	1.097	0.740	17.0	3.021	1.778	1.221	120	65	B	Ⅰ
17	久慈市	0.213	0.011	0.010	0.034	12.0	0.146	0.144	0.451	19	14	D	Ⅲ
18	遠野市	0.151	0.008	0.007	0.006	10.0	0.130	0.131	0.116	26	6	D	Ⅲ
19	陸前高田市	1.292	0.068	0.062	0.067	7.9	0.304	0.301	0.332	19	71	C	Ⅰ
20	江刺市	2.291	0.121	0.109	0.184	10.7	0.381	0.378	0.624	52	61	C	Ⅰ
21	仙台市	110.030	7.695	8.183	9.842	322.7	2.356	2.703	3.203	2122	60	A	Ⅱ
22	仙巻市	10.023	1.740	1.277	0.908	41.1	2.200	1.733	1.252	315	38	B	Ⅳ
23	塩釜市	24.839	1.491	1.388	1.208	25.2	1.126	1.099	1.007	260	81	B	Ⅱ
24	古川市	8.821	0.535	1.257	1.037	19.6	0.754	1.827	1.504	148	61	A	Ⅰ
25	気仙沼市	1.547	0.218	0.136	0.125	22.2	0.855	0.582	0.535	44	44	A	Ⅲ
26	白石市	9.116	0.504	0.446	0.490	11.8	0.676	0.673	0.744	115	73	C	Ⅰ
27	名取市	21.661	1.490	1.194	1.016	11.9	1.212	1.064	0.921	191	82	C	Ⅰ
28	角田市	6.416	0.337	0.306	0.403	8.4	0.574	0.570	0.748	89	70	C	Ⅰ
29	秋田市	10.041	1.088	1.035	0.838	102.4	1.398	1.424	1.163	255	42	A	Ⅳ
30	能代市	1.529	0.436	0.235	0.178	21.5	1.661	0.974	0.744	52	34	A	Ⅲ
31	横手市	3.657	0.272	0.230	0.234	16.1	0.651	0.596	0.610	66	34	A	Ⅰ
32	大館市	3.442	0.276	0.208	0.624	25.4	0.682	0.558	1.511	125	37	B	Ⅲ
33	木更市	3.048	0.159	0.193	0.155	14.4	0.427	0.559	0.456	47	70	B	Ⅰ
34	男鹿市	2.014	0.117	0.101	0.087	12.6	0.400	0.377	0.331	24	76	C	Ⅰ
35	湯沢市	1.463	0.195	0.124	0.162	14.6	0.796	0.549	0.699	33	53	A	Ⅲ
36	大曲市	3.653	0.191	0.227	0.264	15.5	0.460	0.589	0.680	72	56	A	Ⅲ
37	山形市	20.766	1.089	2.401	2.095	88.6	0.918	2.115	1.843	446	53	A	Ⅳ
38	米沢市	4.606	0.241	1.630	1.013	38.5	0.503	3.158	1.995	202	29	A	Ⅳ
39	尾花沢市	1.763	0.093	0.084	0.073	6.9	0.346	0.342	0.304	51	44	D	Ⅲ
40	鶴岡市	8.547	0.448	0.467	0.390	36.2	0.645	0.729	0.621	107	76	B	Ⅰ
41	酒田市	8.067	0.423	0.385	0.390	37.1	0.630	0.625	0.640	115	73	A	Ⅰ
42	新庄市	2.494	0.130	0.119	0.181	17.1	0.395	0.392	0.587	74	40	A	Ⅲ
43	寒河江市	5.398	0.537	0.373	0.310	12.3	1.008	0.761	0.643	62	79	C	Ⅰ
44	上山市	6.535	0.497	0.382	0.313	11.9	0.834	0.699	0.584	78	76	C	Ⅰ
45	村山市	6.722	0.353	0.415	0.356	10.0	0.587	0.745	0.649	79	80	C	Ⅰ
46	長井市	1.664	0.088	0.110	0.087	11.4	0.339	0.457	0.369	34	55	B	Ⅲ
47	天童市	8.332	0.437	0.461	0.384	14.3	0.637	0.731	0.620	65	86	C	Ⅰ
48	東根市	7.556	0.842	0.563	0.433	9.9	1.284	0.935	0.732	85	81	C	Ⅰ
49	南陽市	4.904	0.257	0.288	0.236	13.1	0.517	0.628	0.523	66	73	C	Ⅰ
50	福島市	27.808	1.879	1.518	1.414	94.0	1.323	1.164	1.098	717	48	A	Ⅳ
51	会津若松市	8.584	0.450	0.409	0.403	44.1	0.646	0.641	0.639	126	68	A	Ⅰ
52	郡山市	40.463	3.886	3.048	2.414	84.3	2.165	1.840	1.481	832	58	A	Ⅱ
53	いわき市	8.555	0.448	0.972	3.227	105.5	0.646	1.463	3.935	581	19	D	Ⅳ
54	白河市	5.087	0.267	0.292	0.292	16.5	0.525	0.623	0.626	115	52	A	Ⅲ
55	原町市	2.882	0.151	0.214	0.164	12.7	0.420	0.635	0.497	84	36	B	Ⅲ
56	須賀川市	14.286	0.831	0.718	0.730	16.5	0.876	0.825	0.847	190	70	C	Ⅰ
57	喜多方市	2.809	0.181	0.149	0.126	12.2	0.509	0.457	0.392	43	57	A	Ⅲ
58	相馬市	2.894	0.284	0.198	0.190	12.0	0.775	0.590	0.568	90	38	B	Ⅲ
59	二本松市	7.204	0.422	0.406	0.392	11.0	0.674	0.703	0.685	102	73	B	Ⅰ

(注) Ⅰ、A：中心性都市， B：準中心性都市， C：周辺性都市， D：非流動性都市 Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ型については、図-6 参照

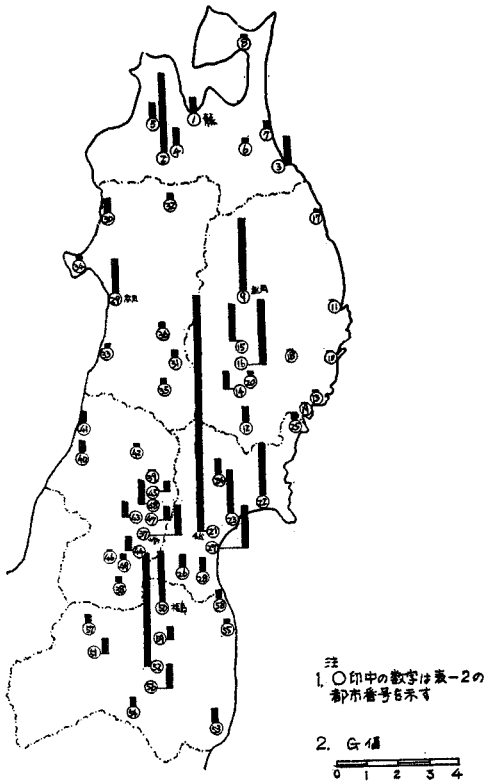


図-2 都市別 G 値 (交通機関の発達段階 1)

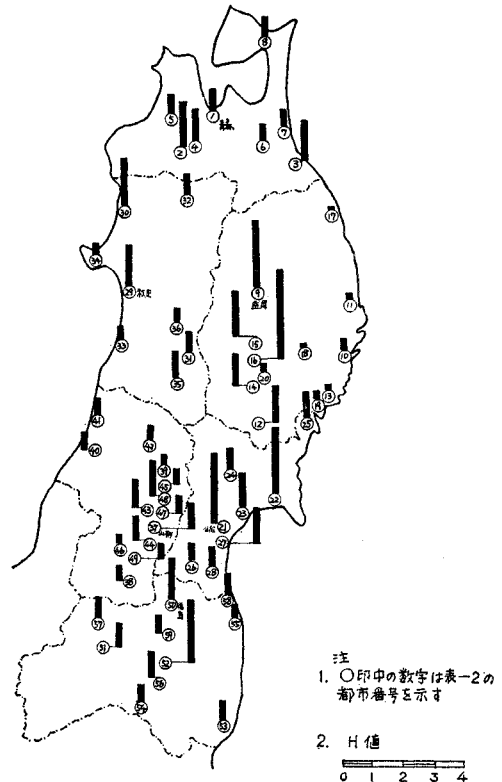


図-3 都市別 H 値 (交通機関の発達段階 1)

岡市から水沢、一関市にいたる、いわゆる、北上河谷各市、仙台市周辺、山形市周辺、福島市から須賀川市にいたる東北本線沿線各市などである。 H_i 値は各段階によって、順位には相違もあるが、ほぼ G_i 値の場合と同様の傾向を示す。根本的に異なるのは 図-3 から明らかなように北上河谷各市での値が大きいことである。

(3) 都市圏、情報理論からの考察

東北地方諸都市の都市圏はモデル式 (24), (26) から想定した。その結果は 表-4, 図-4 に示すとおりである。これによれば各都市の第一次限界からの通勤・通学交通量は総流入通勤・通学交通量の約 75% を占め、狭義の都市圏としてこの圏までを考えればほぼ十分である。東北地方諸都市の都市圏の範囲は都市の階層により異なるが、表-4 から明らかなように、ほぼ 1 時間圏で、理論限界は 2 時間圏である。そして、その方向性は

表-3 交通機関発達段階別 \overline{ADE} , \overline{AY}

交通の発達段階	人口エネルギー増加量 (10^6 人 \times 分)			都市度増加量		
	平均値 (\overline{ADE})	上限値 (U_{DE})	下限値 (L_{DE})	平均値 (\overline{AY})	上限値 (U_Y)	下限値 (L_Y)
1	0.747	1.004	0.490	0.758	0.887	0.629
2	1.636	2.330	0.942	1.695	1.978	1.412
3	2.985	4.239	1.731	3.258	3.834	2.682

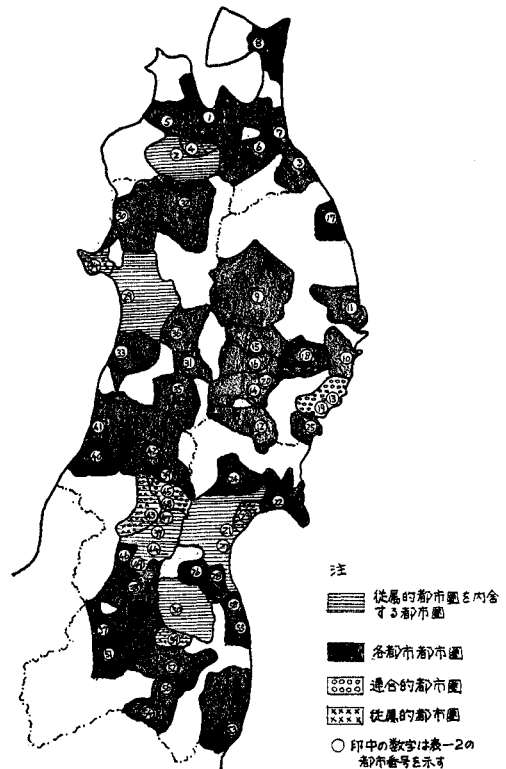


図-4 都市圏図

表-4 P/M 曲線 一覧表

都 市		係 数		一次限界	理論限界	都 市		係 数		一次限界	理論限界
番号	都 市 名	a	c			番号	都 市 名	a	c		
1	青森市	3833	-32.1	62	120	31	横手市	984	-8.9	31	110
2	弘前市	1564	-8.6	40	181	32	大館市	1323	-12.7	36	104
3	八戸市	2936	-17.2	54	170	33	本荘市	784	-7.2	28	109
4	黒石市	373	-6.3	19	60	34	男鹿市	908	-7.2	30	126
5	五所川原市	1071	-18.9	33	56	35	湯沢市	1291	-16.0	36	81
6	十和田市	852	-11.2	29	76	36	大曲市	1011	-8.7	31	115
7	三沢市	791	-11.9	28	66	37	山形市	4259	-33.4	65	127
8	むつ市	419	-4.2	20	101	38	米沢市	1682	-14.7	41	114
9	盛岡市	2647	-24.1	51	110	39	尾花沢市	174	-1.6	13	107
10	盛石市	2122	-18.9	46	112	40	鶴岡市	956	-0.8	31	122
11	宮古市	1077	-9.9	33	109	41	酒田市	1751	-13.2	42	133
12	一関市	1360	-12.4	37	109	42	新庄市	1358	-18.1	37	75
13	大船渡市	1832	-18.7	42	98	43	寒河江市	448	-1.9	21	235
14	水沢市	599	-3.0	24	197	44	上山市	153	-1.5	12	104
15	花巻市	747	-9.5	27	78	45	村山市	140	-1.5	12	93
16	北上市	1013	-16.9	32	60	46	長井市	556	-4.8	24	115
17	久慈市	799	-5.6	28	141	47	天童市	406	-4.1	20	98
18	遠野市	1094	-13.2	23	83	48	東根市	91	-0.9	10	104
19	盛前高田市	441	-3.4	21	130	49	南陽市	142	-1.43	12	99
20	江刺市	205	-2.5	14	82	50	福島市	3126	-22.1	56	141
21	仙台市	5304	-34.4	72	154	51	会津若松市	1768	-13.5	42	130
22	石巻市	2050	-19.6	45	105	52	郡山市	1597	-14.3	40	111
23	塩釜市	1138	-16.9	34	67	53	いわき市	1309	-9.8	36	134
24	古川市	1517	-13.4	39	112	54	白河市	1235	-16.6	35	74
25	気仙沼市	1068	-9.8	33	109	55	原町市	634	-7.3	25	88
26	白石市	576	-6.1	24	94	56	須賀川市	413	-5.0	20	82
27	名取市	79	-0.5	9	158	57	芯多方市	911	-9.1	30	100
28	角田市	434	-6.3	21	69	58	相馬市	845	-11.8	29	71
29	秋田市	5417	-36.9	73	147	59	二本松市	450	-7.7	21	58
30	能代市	2493	-30.5	50	82						

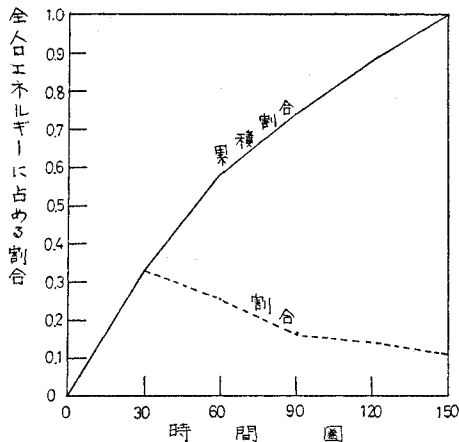


図-5 時間圏別の人口エネルギー割合図

交通施設の整備状況によって大きく左右されている。また、各時間圏から都市に流入する通勤・通学交通量をみれば、30分圏では総流入通勤・通学交通量の約59%、60分圏では88%、90分圏では96%、120分圏では97%である。このことより、交通機関の改良、新設はせいぜい60分圏を目安とすれば十分である。すなわち、日常

生活上大きな影響を受ける範囲はせいぜい1時間圏で、この範囲内において交通投資が地域社会に大きな影響を与えることを示唆している。

なお、表-2の都市類型¹⁶⁾は各都市の流入流出交通量に基づく流入係数の平均値と流動性指数によって4グループに分類したものである^{注3)}。

さて、各都市の都市圏から都市連合可能地域をさぐるには次のような視点より選定すればよい。それは東北地方諸都市の都市圏図を描き、各都市の都市圏が競合する地域、あるいは隣接する地域、さらに1時間圏内に3都市圏以上包含される地域である。東北地方でこれら条件を満足する地域は次の7ブロックである。

注3)：各都市の流入係数、流動性指数は次式にて求める。

$$\begin{aligned} \text{流入係数} & (\lambda_i) = P_i/P_0 \\ \text{流動性} & (T_i) = (P_i + P_0)/P \\ \text{流動性指数} & (IM) = (T - M)/\sigma \end{aligned}$$

ここに、

P_i ：流入交通量（他市町村で常住し、当該市で就業通学する者）（人）

P_0 ：流出交通量（当該市に常住し、他市町村で就業通学する者）（人）

P ：当該市の人口（人）

M ： T_i の平均値

σ ： T_i の標準偏差

- ① 弘前ブロック（弘前，五所川原，黒石3市）
- ② 盛岡ブロック（盛岡，花巻，北上3市）
- ③ 北上ブロック（花巻，北上，水沢，江刺，一関5市）
- ④ 仙台ブロック（仙台，石巻，塩釜，名取，白石，角田6市）
- ⑤ 横手ブロック（横手，大曲，湯沢3市）
- ⑥ 山形ブロック（山形，村山，東根，寒河江，天童，上山，南陽7市）
- ⑦ 郡山ブロック（郡山，二本松，須賀川，白河4市）

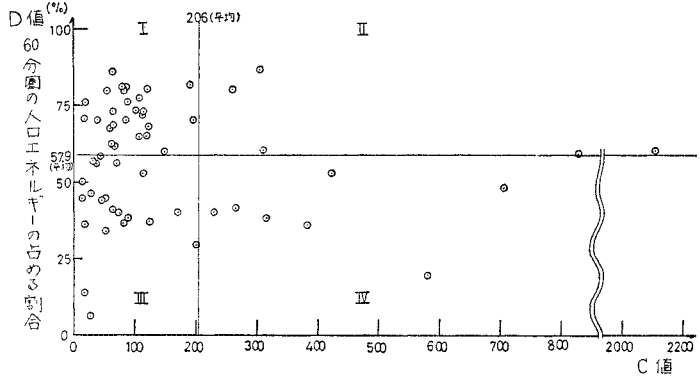


図-6 C, D 値による都市類型図

次に式(23)から算出したC値は表-2に示すとおりで、時間圏別の人口エネルギーの割合は図-5に示す。各時間圏での分布状況からみて30分圏の人口エネルギーが一番大きい。

また、60分圏までに存在する人口エネルギーは全体の約57.9%を占め、前述の都市圏から考察した60分圏の妥当性を裏づけている。

C値から都市連合可能地域をさぐるには、各都市のC値を横軸にとり、縦軸には各都市の全人口エネルギーのうち60分圏のそれが占める割合(D)をとってグラフに描く。それぞれの平均値によって次の4グループに分ける。I型はD値が平均値より大きく、C値が平均値以下のもの、II型はD, C値とも平均以上のもの、III型はD, C値とも平均以下のもの、IV型はD値が平均以下、C値が平均以上のものとなれば、各グループでの都市は次のように解釈できる。

II型の都市は都市連合体の核になり得る都市である。I型の都市は単独では都市連合体の核になり得ないが、II型の都市の従属都市として、都市連合体を形成できる都市である。III型の都市はいわゆる孤立的な都市で都市連合形成の不可能な都市である。IV型の都市はある程度の都市機能を有する都市であるが、近隣に市町村がないため、都市連合体を形成することは不可能である。どちらかといえば、地方の中核都市として、単独で発展できる都市である。すなわち、I, II型の都市が都市連合形成可能な地域として選択される。

図-6は東北地方での結果である。なお、それぞれの型に属する都市は表-2に示す。これらの都市はいずれも前述した7ブロックにほぼ一致する。

表-5 ブロック別平均影響度

ブロック	影響度 G 値			影響度 H 値		
	段階1	段階2	段階3	段階1	段階2	段階3
1 弘前ブロック	1.178	0.999	0.973	1.038	1.158	1.130
2 盛岡ブロック	1.895	1.213	0.890	2.217	1.528	1.189
3 北上ブロック	0.944	0.629	0.527	1.434	1.063	0.974
4 仙台ブロック	2.213	2.186	2.409	1.302	1.283	1.356
5 横手ブロック	0.220	0.199	0.231	0.661	0.619	0.765
6 山形ブロック	0.575	0.718	0.618	0.824	0.965	0.937
7 郡山ブロック	1.361	1.148	1.002	1.021	0.998	0.982

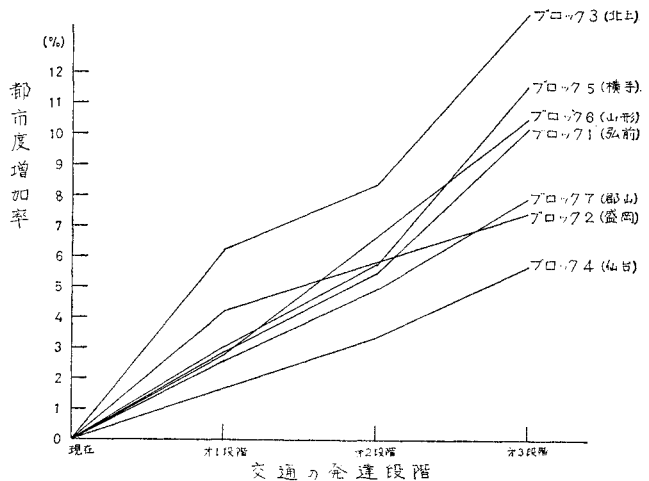


図-7 交通機関発達段階別都市度の増加率

(4) 都市連合形成可能地域の選定

定性的分析で得られた各ブロックごとに、その影響度 G_i, H_i 値の平均値を示したものが表-5である。ブロック3, 5を除き、いずれも中心都市は人口10万人以上を擁する。そして、これら都市での G_i, H_i 値が高いため、平均値を引き上げている。また、人口エネルギーの

増加量による各ブロックでの都市度の平均増加率を図-7に示す。

各ブロック内の各都市を都市類型からみれば、弘前、仙台、山形ブロックはいずれもブロック内都市に周辺都市が多い。このことと、表-5、図-7の結果から考察すれば、これら3ブロックでは交通機関の発達によって都市連合体の形成が促され、地域社会の機能が高まるというより、むしろ中心都市の機能増大により周辺小都市を包含した大都市圏になる可能性がある。仙台都市圏ではその萌芽がみられる。

その結果、東北地方での都市連合形成の可能地域としては盛岡市から一関市にいたる北上河谷各市、大曲市から横手、湯沢市にいたる奥羽本線沿線各市、福島市から須賀川市にいたる東北本線沿線各市が選定される。

6. むすび

都市連合体による地域開発方式は地域機能のとぼしい後進地域では有効な方法である。それは後進地域での都市は県都やごく一部の都市を除き、いずれも都市機能の集積が低い。そこで、人口規模が比較的類似しており、かつ近接する既存の複数の小都市がそれぞれの機能を発揮しつつ、不足する機能を充足することにより、魅力ある地域社会が形成できるからである。

本論文では都市連合形成におよぼす交通の影響を人口エネルギー、都市圏から追求した。そのために、いくつかの手法を提案した。その後、これら手法を用いて、東北地方を実証的に解析し、都市連合形成可能地域を選定した。

ここに提案した手法は簡単な理論から出発しており、交通投資が地域社会におよぼす影響を巨視的にしか把握できない。したがって、今後の問題点もここに残されている。すなわち、時系列データによる解析、他地域での解析、人口エネルギー・都市度弾性モデルにおける都市度の選定方法などがそれである。

おわりに、本研究に対しては北海道大学 小川博三教授、同 五十嵐日出夫教授には終始ご指導をたわまった。記して、深く感謝の意を表す。

なお、本研究の計算は、北海道大学大型計算センター FACOM 230-60 によった。

参考文献

- 1) Stewart, J.Q. : Empirical Mathematical Rules Concerning the Distribution and Equilibrium of Population, *Geographical Review* Vol. 37, 1947, pp. 461~485.
- 2) 浜 英彦 : Demographic Influence の理論とその日本における適用について, *人口問題研究*, 第72号, 1953, pp. 18~30.
鏡味完二 : 人口の等ポテンシャル地図について, *地理* Vol. 3, No. 11, 1958, pp. 73~76.
森田優三 : 人口の地理的分布と人口ポテンシャル, 一橋論叢, 第42号, 1959, pp. 417~431.
堀川 侃 : 人口分布の分析尺度, *人文地理*, Vol. 12, No. 5, 1960 pp. 381~392.
藤沢・山澄 : 人口ポテンシャルについての一考察, *人文地理*, Vol. 13, No. 1, 1961, pp. 34~42.
吉田聖男 : 人口ポテンシャル概念の適用, *人文地理*, Vol. 15, No. 5, pp. 96~106.
小川博三 : 交通と地域発達, *都市交通講座* 1, 鹿島出版, 1970, pp. 27~31.
- 3) 小川博三 : 東北新幹線は盛岡をこう変える, *運輸と経済*, Vol. 53, No. 5, 1973, pp. 26~35.
小川・山村・真木 : 東北新幹線とダイナポリス形成, *地域学研究*, Vol. 3, 日本地域学会, 1973, pp. 209~227.
- 4) 清水浩志郎 : 交通機関の発達が地域社会に及ぼす影響, *日本地域学会第11回大会報告集*, 日本地域学会, 1974, pp. 1~27.
- 5) 高木金地 : 統計的品質管理の基礎, *産業図書*, 1961, pp. 220~226.
- 6) 石川栄耀 : 都力測定及都力よりみたる日本の国土構造, *都市公論*, Vol. 23, No. 11, 1940, pp. 24~68, ほか
都市問題, Vol. 62, No. 9, 10, 東京市政調査会, 1970.
- 7) 近藤次郎 : 社会科学のための数学入門, *東洋経済新報社*, 1973, pp. 63~66.
- 8) 藤野志朗 : 計量分析入門(近代経済学講座計量分析編1), 有斐閣, 1968, pp. 131~135.
- 9) 五十嵐日出夫 : 街路除雪の経済効果推定に関する試論, *土木学会論文報告集*, 196号, 土木学会, 1971, pp. 87~93.
- 10) 依田 浩 : 技術者のOR入門, 朝倉書店, 1967, pp. 51~57.
- 11) 田中良久 : 心理学的測定法, 東京大学出版会, 1961, pp. 71~77.
- 12) 清水浩志郎 : 通勤・通学交通からみた都市圏の設定とその構造について, *都市計画*, No. 81, 日本都市計画学会, 1974, pp. 6~14.
- 13) 小川博三 : 交通計画, 朝倉書店, 1966, pp. 16~25.
- 14) Shimizu, K. : Regional Structure of City-Region Based on Commuting and School Attending Trips, *Proc. of JSCE* No. 237, 1975, pp. 121~132.
- 15) Isard, W. : *Methods of Regional Analysis; an Introduction to Regional Science*, MIT Press, 1960, pp. 504~512.
- 16) 清水浩志郎 : 都市の類型からみた通勤・通学圏とその構造について, 第28回年次学術講演集, 土木学会, 1973, pp. 91~92.

(1974. 12. 18・受付)