

鉄道貨物輸送の特性を考慮した将来 OD 表の構造解析

STRUCTURAL ANALYSIS AND ORGANIZATION OF RAILWAY FREIGHT TRANSPORT ORIGIN DISTINATION TABLE

内 田 隆 滋*
By Takashige UCHIDA

1. はじめに

この研究の目的は設備計画ならびに輸送計画のための基本的データである将来の鉄道貨物の出元行先表 (OD 表) を、種々の条件下でその特性を変えないで、精度よく推定することを目的としている。

一般に計画の立案は将来に向かって正しい需要構造の把握に始まるであろう。ここで求めようとする値は将来の需要そのものではなく、需要からいくつかの輸送システム (鉄道, 道路, 航路など) へ配分され, そのうち鉄道輸送システムの中に流れ込む量をさしている。

この需要構造の断面的研究は, 従来から種々の方法が用いられており, 特に道路ではいろいろのモデルを仮定して, 流動解析ならびに配分解法が研究されている。

しかしながら鉄道貨物輸送の需要予測では道路と異なり輸送がシステム化されている点および広域ネットワーク上の流動をもち, 道路, 鉄道, 航路などのそれぞれの輸送配分からくる鉄道輸送の特性から, トリップの構造も空車操配の最適化などの問題も含まれており, 単に主要品目での特性によることができないことはもちろん, ミクロ的に見た要素の積み重ねには危険があるので, まず政治, 経済, 社会の変動要因, 変動周期を充分考慮した過去の全輸送量の実績から将来推定を行って, 総輸送量をマクロ的にとらえて, この大枠の中でミクロ的に解析することが望ましいと考えられる。

以上のことから鉄道貨物輸送の将来 OD の予測にあたっては, 次のことが要求されるであろう。

① 将来の輸送量の推定値の総量と OD 表による要素別組立値が一致する。

② 輸送量の推定に用いる過去のデータは, 社会, 経済などの一変動サイクルより長いものが望ましい。

③ 将来輸送量の平均値のみならず, 標準偏差による

分散を考慮しておく必要がある。

④ 鉄道のもつ平均輸送距離がちょうど, 道路輸送領域と航路輸送領域の間にあって, 経年ほとんど一定に保たれる特性が満たされる必要がある。

⑤ 推定の根拠が明確で簡単である。

⑥ 在来の OD 表の作成では, 非常に多くの労力と日時を要していたが, 極く簡単な手法によって自動計算, 調表作成ができる。

2. この研究の手法とその特性

将来の OD 表を作成するにあたり, まず次のことを定義する。

(1) 級地別ゾーニング

現在鉄道の貨物駅は約 2000 駅あるが, それを 1 地域 1 拠点駅という考えから 146 のブロックにまとめ OD 表の発着駅とする。さらにそのブロックの級地別区分としては, 通産省工業再配置計画原案を基礎として産業構造 (1 次, 2 次, 3 次産業の構成比) により図-1 に示すごとく, 1, 2, 3~5 級地の 3 区分とした。

これは

a) 第 2 次産業が成り立つ必要条件是工業化による人口の集積があること。

b) 人口と貨物量は 1 次相関をもつこと。

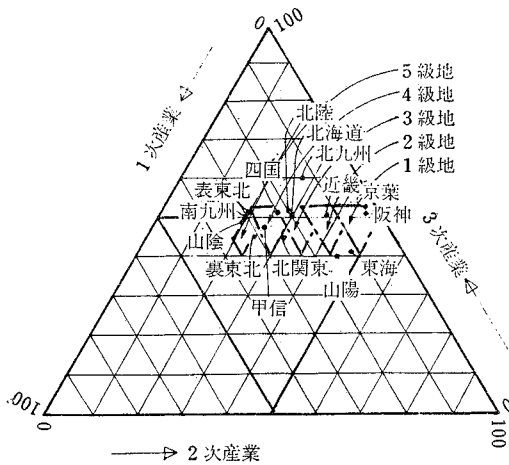
c) 地域社会人口の伸びは, 成長 I 期, 成長 II 期, 成熟期に分けて明確な区分があること (図-2 に 1 級地~3 級地の代表的発展過程を示す)

によって分けられた。

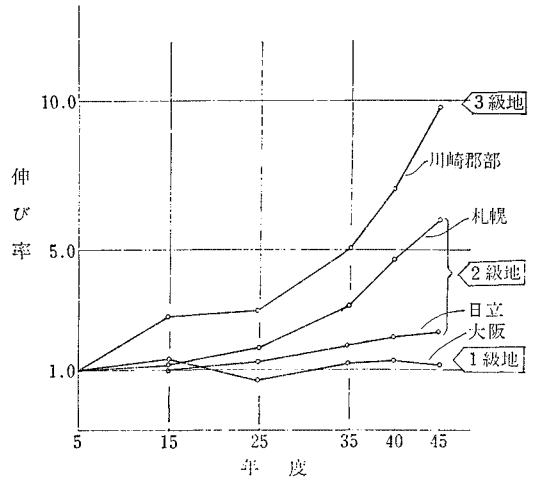
また, 具体的には以下の事項を目安に級地区分を行う。

1 級地: 臨海工業地帯で 2 次産品の比率が大きく, 発着量は多いが伸び率は 3 級地中最も低く, 伸びなやみがみられる。

* 正会員 日本国有鉄道 常務理事



図一1 地域産業構造と級別領域



図一2 代表的地域の増加傾向

表一1 地域分割表

等級別	北海道	東北	関東	中部, 新潟	関西	中国, 四国	九州	μ_k							
一級地 (n=49)			汐留, 大井, 原町田, 秋葉原, 隅田川, 入江高島, 羽沢, 湘南小名木川, 行徳, 出州, 鹿島, 塩浜, 相模, 川口, 大宮, 東小金井, 南越谷, 新座	四日市, 静岡, 笹島, 八田, 岐阜, 多治見	6	梅田, 淀川, 放出, 安治川口, 尼崎, 神戸港, 兵庫, 鷹取, 加古川, 姫路, 赤穂, 鳥飼, 百済, 大阪港, 阪界, 梅小路	呉, 広島, 宇部, 下関	4	小倉, 折尾, 博多, 大牟田	4	1.3				
二級地 (n=55)	小樽, 札幌, 苫小牧, 室蘭, 岩見沢	5	八戸, 宮城野, 郡山, 青森, 秋田	5	西湖, 八王子, 内郷, 日立, 水戸, 土浦, 高崎, 小山, 熊谷, 宇都宮	10	沼津, 豊橋, 岡崎, 富士, 浜松, 瀬戸, 新守山, 沼垂, 富山	9	大津, 奈良, 和歌山, 松阪	4	糸崎, 下松, 岩国, 小郡, 福知山, 舞鶴, 高松, 多度津, 新居浜, 徳島, 岡山, 福山, 周防富田	13	1.6		
三級地 (n=42)	稚内, 名寄, 旭川, 留萌, 北見, 釧路, 帯広, 函館	8	盛岡, 一関, 釜石, 福島, 会津若松, 山形, 弘前, 東能代, 酒田	9	銚子, 甲府	2	長岡, 新発田, 敦賀, 南福井, 金沢, 岡谷, 南松本, 長野, 直江津, 中津川, 高山	11	新宮, 田辺	2	高知, 鳥取, 米子, 出雲, 益田, 松山	6	川内, 宮崎, 鹿児島, 都城	4	2.1

2級地：新しい内陸工業地帯，地方中都市の軽工業地帯および臨海部の工業整備地区で1次，2次製品の比率がともに大きく，発着量は1級地について多く，伸び率は1級地より高い。
 3級地：1次産品主体の開発地帯で，発着量は少ないが，伸び率は3地域中最も高い。

これを表一1 に示す。

(2) 輸送方式の区分

鉄道の輸送方式には以下の3つの種類がある。
 直行輸送：高速ならびに専用貨物で編成された列車により主に貨物駅から貨物駅への輸送を行

い、ヤード中継はほとんど行われない（特急、物資別専用列車）。

急行輸送：高速貨車で編成された列車によりローカルヤードといわれる中小ヤードを中継して輸送が行われる（急行、地域間急行列車）。

一般輸送：一般貨車も含めた種々の貨車で編成された列車によるローカルヤードおよびメインヤードとよばれる大ヤードを中継して輸送が行われる（決速、普通、解結列車）。

次に、本研究の方法を要約すると次の5つの部分から成り立っている。

(i) 基準年度のトリップを発駅を基準にその単位を標準車換算して着駅別に集積し、OD 配列して積車についての基準 OD 原表を作成する。

(ii) 将来の総輸送量を想定し、別に想定した級地別発送量の増加割合を使って求めた級地別発送量の合計がちょうど前者と等しくなるような級地別増加割合を求める。

次に (i) で得られた基準 OD 原表の発駅についての行先別発送量を先に求めた級地別増加割合を乗ずることにより、この発駅の将来発送量が得られる。そしてこの発送量をすべての発駅について組立てることにより将来の積車 OD 表ができる。

(iii) 空車は直行輸送を除いて空車発生局と空車需要局相互間で貨車キロ最小となるよう操配回送される。局内空車の需給はこれに先だて駅間相互で調整される。一方、直行輸送の空車操配は、空車がすべて元発駅にもどることより、積車直行輸送のちょうど逆の形となる。

(iv) 積空総合 OD 表を輸送方式別に配分する。この計算は一つには将来の総輸送コスト最小を関数方程式とする輸送計画（ダイナミックプログラミングによる最適化輸送配分）があり、今一つの方法は実際 OD 表から、ある列車設定基準（現行ヤード配置による仮設定）をもとに一義的に与えられる輸送計画である。前者は理想的な輸送を示す最適値を意味し、後者は輸送設備（主としてヤード配置）の制限からくる1つの実行値を意味する。

以上により後者で設定した輸送計画を逐次ヤード配置を変え、前者の輸送計画に接近させ、それによってえられる輸送配分が、実行値としての最適輸送方式の区分となる。

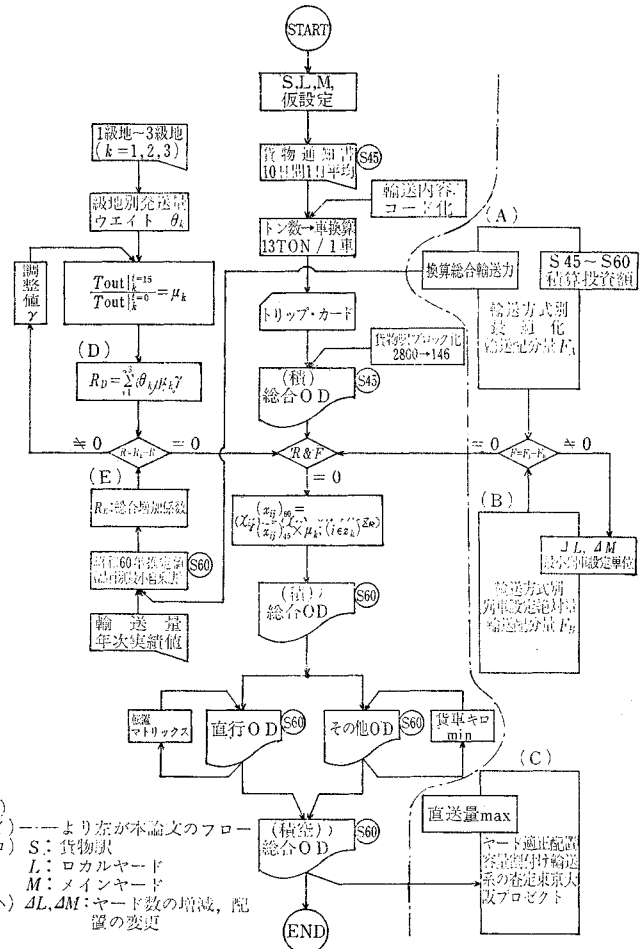


図-3 この研究の全フロー

注) (イ) ---より左が本論文のフロー
 (ロ) S: 貨物駅
 L: ローカルヤード
 M: メインヤード
 (ハ) ΔL, ΔM: ヤード数の増減、配置の変更

(v) (i)~(iv) によって、直行輸送 OD 表、急行輸送 OD 表、一般集結輸送 OD 表、ならびに、総合輸送 OD 表（全体）が求められる。

以上の研究の手法をフローで示すと図-3 のごとくである。

しかしながら、本論文では上記の (i)~(iii) についてのみ述べるものとし、(iv) については別の機会に述べたい。次にこの手法の特性として、前章の④で示した「鉄道のもつ平均輸送距離が経年ほとんど一定値に保たれる」という条件が満たされることが以下のことから明らかである。

まず OD 表をそのまま輸送マトリックスの形でかき出すと、

$$A = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1i} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{ni} & \dots & x_{nn} \end{bmatrix}$$

x_{ij} : OD 表上の i 発 j 着の輸送量

距離マトリックス（対称マトリックス） D の転置マトリックスを D^T とすると、

$$D^T = \begin{bmatrix} 0 & d_{21} & \dots & d_{i1} & \dots & d_{n1} \\ d_{12} & 0 & \dots & d_{i2} & \dots & d_{n2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{1i} & \dots & \dots & 0 & \dots & d_{ni} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{1n} & d_{2n} & \dots & d_{in} & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

d_{ij} : i 地点と j 地点の輸送距離 ($d_{ij}=d_{ji}$)

これから貨車キロのモーメント $A \cdot D^T$ の対角要素を捨い出すと、それぞれの対角点に該当する発駅 (i) についての走行貨車キロをうる。

したがって、これを対角点に該当する発駅 (i) の発総量 $\sum_j x_{ij}$ ($j=1, 2, \dots, n$) で除すと発駅 (i) についての平均輸送距離 r_i をうる。

すなわち、 i が発送地帯の級地別集合 Z_k の第 k 級地に属し、その増加割合 μ_k が与えられているとする。

$$\mu_k = \{\mu_k : i \in Z_k\}$$

$$r_i = \mu_k [x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}] \begin{bmatrix} d_{i1} \\ d_{i2} \\ \vdots \\ 0 \\ \vdots \\ d_{in} \end{bmatrix} / \mu_k \sum_j x_{ij}$$

これから i についての平均輸送距離は μ_k に無関係に

一定に保たれる。

3. 将来の鉄道総輸送量の想定

現在における基本的な輸送需要の指向は次の3つに要約することができるであろう。

- ① 到着日時の明確化
- ② 輸送起点（戸口）より輸送終点（戸口）までのトリップについての流通コストの低減
- ③ トリップについて輸送時間の短縮

これらを満足するための必要条件としてオンレールの輸送改善がある。

いま1つの経済ブロックをとりこれをゾーンングによる1輸送単位と考えると、域内・域間の2つの流動に分けることができる。鉄道における貨物輸送はほとんど経済ブロック相互、生産消費ブロック相互、港湾とそのヒンターランド相互、表日本と裏日本相互などの域間輸送がその主体で大量品貨物の長距離は内航海運に域内輸送では自動車輸送にその主役は譲っている。その変化の傾向は年年の平均貨車一車の輸送キロに見ることができるであろう。この平均輸送キロの漸増傾向は鉄道と内航との間の輸送域の移動が認められないことから自動車輸送

表一 主要品目輸送トン数の傾向と将来推定値

年度	総計	石炭	石灰石	化学肥料	鉱油	セメント	コンテナ	その他	記事
27	152 739	32 516	4 321	4 075	1 431	4 556		105 840	
28	159 245	32 750	5 220	4 688	1 956	5 985		108 646	
29	156 219	32 426	5 318	4 933	2 100	6 748		104 694	
30	160 246	33 874	5 755	5 327	2 280	6 930		106 080	
31	172 892	37 074	6 805	5 757	2 561	7 485		113 210	
32	177 792	39 932	7 437	5 888	2 740	8 218		113 577	
33	167 141	36 509	7 229	6 069	3 139	8 770		105 425	
34	181 403	37 429	8 362	6 564	3 581	9 766		115 701	
35	195 295	40 633	9 700	6 833	4 483	11 451		122 195	
36	206 394	41 594	11 010	6 606	4 994	11 933		130 257	
37	201 645	38 384	11 670	6 663	5 955	13 116		125 857	
38	206 050	36 112	11 773	6 805	7 019	13 580	864	129 897	
39	206 606	35 427	11 764	6 723	8 016	14 069	1 145	129 462	
40	200 009	33 105	10 668	6 981	8 826	14 507	1 906	124 016	
41	195 776	30 822	11 408	8 627	9 674	14 650	2 936	117 659	
42	202 570	29 923	12 655	9 228	10 805	15 386	4 672	119 901	
43	198 808	26 475	12 837	9 368	12 084	15 394	5 970	116 680	
44	197 171	22 745	13 051	8 950	13 471	15 188	7 314	116 452	
45	198 503	18 698	13 311	8 533	15 139	16 394	8 715	117 713	
50	240 823	19 616	18 807	10 447	22 210	20 542	19 803	129 398	
55	273 417	14 997	22 603	11 760	31 577	23 854	34 804	133 822	
60	312 137	10 378	26 656	13 071	42 686	27 169	53 925	138 247	
回帰曲線		1次式 $y = -923.8x + 65 806$	2次式 $y = 5.112x^2 + 221.5x - 5 074$	1次式 $y = 262.6x - 2 683$	2次式 $y = 34.85x^2 - 1 786x + 24 367$	1次式 $y = 662.4x - 12 578$	2次式 $y = 82.4x^2 - 5 652x + 96 408$	1次式 $y = 884.7x + 85 163$	

の輸送域の拡大からくる変化に基づくものと思われる。

一般に将来貨物量の増加は自然増、誘発増、開発増の3つからなるが、このうち新規投資による新しい設備に伴う開発増をねらうのが輸送構造の変化の主役ともなるもので、さらにこれに付帯して2次的に転換されてくる量すなわち誘発増はそれによって明らかに減少する対象物がない限り開発増と区別しがたいものである。

以上の諸条件を勘案して、将来の鉄道貨物総輸送量を次のように想定した。

まず過去の総輸送量を主要品目別に分解して整理し(表一2)、その輸送トン数の年次傾向におおの帰帰曲線をあてはめ将来年次を想定すると、昭和60年度では約(3.1±0.3)億トンとなる(図一4)。

次に将来の産業、経済などの見通しからきわめてマクロ的に分析すれば、約3億トンが得られる。

昭和45年基本輸送量	200 百万トン
臨海工業地帯の増	40 "
港湾貨物の増	30 "
内陸工業、流通団地の増	10 "
貨物駅集約による減	△20 "
その他の増	40 "
計(昭和60年輸送量)	300 百万トン

一方、この総輸送量は最後に鉄道投資計画からくる将来鉄道輸送力(設備、車両、要員など)の制限を受けるが(本論文では省略)、その総輸送量もおおむね3億トンとなる。

以上のことから昭和60年度の輸送量を(3.1±0.3)億トンと想定する。

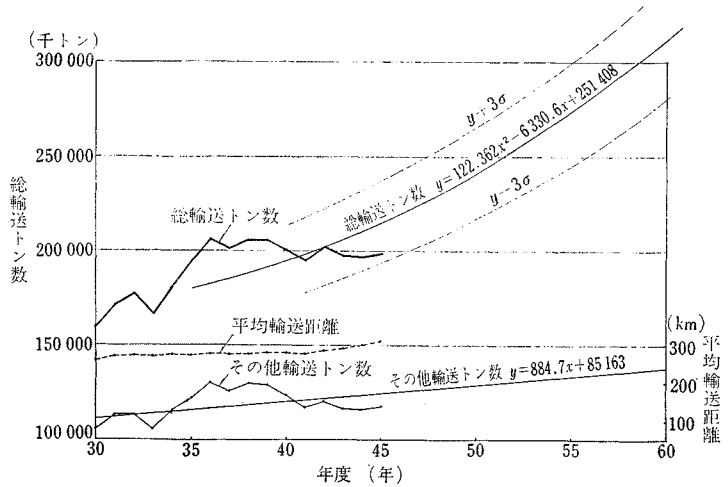
4. 発量の地域別増加割合の解析と積車 OD 表の推定

ここでまず地域別需要の伸びについて検討する。

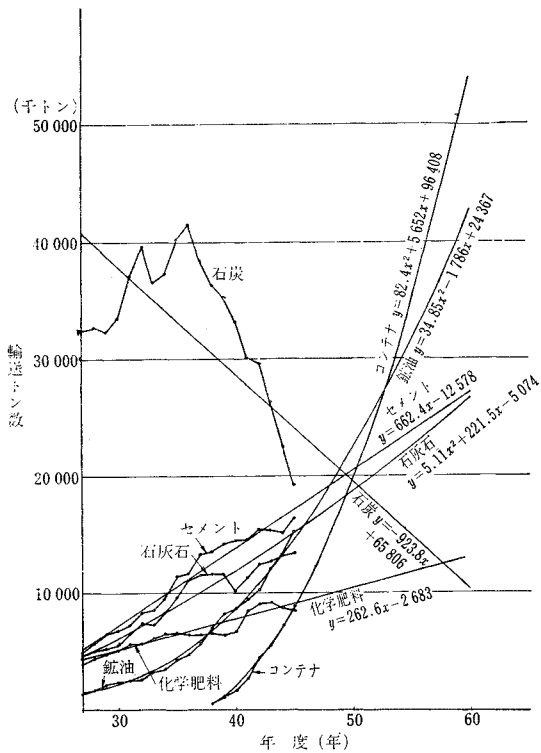
1つの発地点と1つの着地点をもつ輸送過程を単位にとってこれを「トリップ」という。トリップは発端と着端の2つのトリップエンドをもっている。OD表の要素を与える x_{ij} は i 地点発 j 地点着の共通の発着地点をもつ数個のトリップの和で示される。

このトリップにはインナートリップ (Inner trip) とアウトタートリップ (Outer trip) があり次のごとく定義する。

1つの地域内で発着するものをインナートリップ、地域間相互で発着するものをアウトタートリップ、またトリ



図一4 (a) 総輸送トン数と平均輸送距離



図一4 (b) 主要品目別輸送トン数の傾向

ップの原因となる量を輸送単位と定義する。

いま AB の2地域でそれぞれ m 輸送単位、 n 輸送単位あるとするとインナートリップならびにアウトタートリップの量はそれぞれ表一3のごとく示される。

このうち鉄道輸送の場に移るトリップはアウトタートリップで自動車などによる小運送はインナートリップとなっている。ここでトリップの総数 T をインナートリップ、アウトタートリップに分けてそれぞれ T_{in} , T_{out} であらわすとトリップエンド数2から

表-3 インナートリップ、アウトートリップの量

	A(m)	B(n)	Σ
A (m)	AA (m ²)	AB (mn)	AA+AB (m ² +mn)
B (n)	BA (nm)	BB (n ²)	BA+BB (nm+n ²)
Σ	AA+BA (m ² +nm)	AB+BB (mn+n ²)	AA+BB+AB+BA (m ² +n ² +2mn)

m+n=z とすると次のごとくなる

	m	Z-m	
m	m ²	m(Z-m)	
Z-m	(Z-m)m	(Z-m) ²	
innertrip			m ² +(Z-m) ²
outertrip			2m(Z-m)

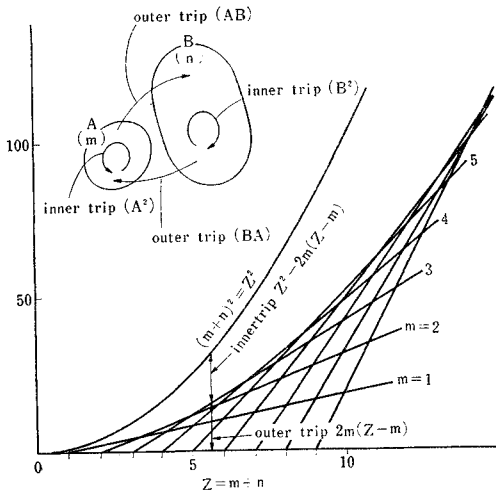


図-5 m をパラメータとするインナートリップとアウトートリップ量

$$T = T_{in} + T_{out} = (m+n)^2 = m^2 + n^2 + 2mn$$

$$T_{in} = m^2 + n^2$$

$$T_{out} = 2mn$$

がえられる。いま m+n=z とすると

$$T_{in} = z^2 - 2m(z-m)$$

$$T_{out} = 2m(z-m)$$

$$T = Z^2$$

図-5 は横軸に Z, 縦軸にトリップ数を取り, T_{in}, T_{out}, T の値を m をパラメータにとって示したものである。いまこれを2つの地域より n 個の地域 (n 次元流動空間: Rⁿ) に拡げて考えるならばアウトートリップの OD 要素の数は

$$2 \times {}_n C_2 = \frac{n(n-1)}{2} \times 2 = n(n-1)$$

個ある。

1, 2, ..., N 地域のそれぞれの輸送単位の数を x₁, x₂, ..., x_n とし, [x_i] (i=1, 2, ..., n) とかくとトリップの

総数 T は

$$T = (\sum_i x_i)^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 + 2 \sum_{i \neq j} x_i x_j$$

この T で着発のものとそれ以外のものに分離すると

$$T = x_k^2 + \sum_{i \neq k} x_i^2 + 2 \sum_{j \neq k} x_k x_j + 2 \sum_{\substack{i \neq k \\ i \neq j}} x_i x_j$$

このうち k 着発のアウトートリップ (T_{out|k}) を書き出すと

$$T_{out|k} = 2x_k \sum_{j \neq k} x_j$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = Z \text{ で表わせば}$$

$$T_{out|k} = 2x_k(Z - x_k)$$

T_{out|k} は k 発の地域間相互のトリップの総数を示すもので k とそれ以外の地域のそれぞれの輸送単位数の積に比例している。

これから T_{out|k} の時間 (t) に対する grad T_{out|k} の大きさを求めると

$$T_{out} = f(x_k, Z)$$

$$T_{in} = g(x_k, Z)$$

$$\text{とおくと } T = \begin{pmatrix} T_{out} \\ T_{in} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f(x_k, Z) \\ g(x_k, Z) \end{pmatrix}$$

これを時間で微分すると

$$\frac{dT}{dt} = \begin{pmatrix} \frac{df}{dt} \\ \frac{dg}{dt} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial f}{\partial x_k} \frac{dx_k}{dt} + \frac{\partial f}{\partial Z} \frac{dZ}{dt} \\ \frac{\partial g}{\partial x_k} \frac{dx_k}{dt} + \frac{\partial g}{\partial Z} \frac{dZ}{dt} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial T_{out}}{\partial x_k} & \frac{\partial T_{out}}{\partial Z} \\ \frac{\partial T_{in}}{\partial x_k} & \frac{\partial T_{in}}{\partial Z} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{dx_k}{dt} \\ \frac{dZ}{dt} \end{pmatrix}$$

となる。これを計算すると

$$\begin{aligned} \left. \frac{dT_{out}}{dt} \right|_k &= 2(Z - 2x_k) \frac{dx_k}{dt} + 2x_k \frac{dZ}{dt} \\ &= \left(\frac{T_{out}}{x_k} - \frac{T_{out}}{Z - x_k} \right) \frac{dx_k}{dt} \\ &\quad + \left(\frac{T_{out}}{Z - x_k} \right) \frac{dZ}{dt} \end{aligned}$$

ここで

$$x_k = A_1 t + A_0, \quad Z = B_1 t + B_0; \quad \frac{dx_k}{dt} = A_1, \quad \frac{dZ}{dt} = B_1$$

とすると

$$\begin{aligned} \frac{dT_{out}}{T_{out}} &= \left\{ \frac{A_1}{A_1 t + A_0} \right. \\ &\quad \left. + \frac{B_1 - A_1}{(B_1 - A_1)t + (B_0 - A_0)} \right\} dt \end{aligned}$$

辺々積分すると

$$\log T_{out} = \log(A_1 t + A_0) + \log\{(B_1 - A_1)t + (B_0 - A_0)\} + \log C$$

表-4 級地別増加割合の計算

$$\begin{aligned}
 x_k &= A_1 t + B_0 \\
 z &= B_1 t + B_0 \\
 \frac{T_{out}|_t}{T_{out}|_{t=0}} &= \mu_k = \frac{1}{A_0(B_0 - A_0)} (A_1 t + A_0) \{ (B_1 - A_1)t + (B_0 - A_0) \} \\
 &= \frac{1}{A_0 B_0} (A_1 t + A_0) \{ (B_1 t + B_0) \} = \frac{1}{A_0 B_0} x_k \cdot z \Big|_{t=15}
 \end{aligned}$$

計算値	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
地域級別	A_0 $\times 10^4$	A_1 $\times 10^4$	B_0 $\times 10^4$	B_1 $\times 10^4$	① \times ③ $A_0 B_0$ $\times 10^{12}$	①+② $\times 15$ $x_k _{t=15}$ $\times 10^4$	③+④ $\times 15$ $z _{t=15}$ $\times 10^4$	$\frac{⑥ \times ⑦}{⑤}$ μ_k	θ_k	③ \times ⑨	⑧ \times ⑨ \times ⑩	⑧ \times ⑩
1級地 ($k=1$)	150	0.6			150	159		1.2667	0.45	0.57	0.597	1.3
2級地 ($k=2$)	50	0.9	1.0	130	50	63.5	1.1950	1.5177	0.38	0.5767	0.6036	1.6
3級地 ($k=3$)	10	0.43			10	16.45		1.9658	0.17	0.3342	0.3498	2.1
Σ									1.00	1.4809		
備考	初期都市人口 S45	年間都市人口 の伸び	全国人口	年間全国人口 の伸び		S60都市人口	S60全国人口	仮増加率	級地別 ウェイト (S45の値)	1.55 / 1.4809 =1.0467*		トリップ(out) の増加率

* 人口とトリップの補正係数値

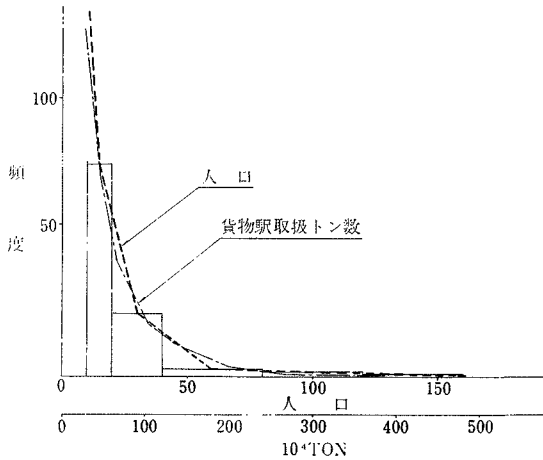


図-6 人口および貨物取扱取扱い量層別頻度図

$$T_{out} = (A_1 t + A_0) \{ (B_1 - A_1)t + (B_0 - A_0) \} \cdot C$$

ここで $t=0$ とすると

$$T_{out}|_{t=0} = A_0(B_0 - A_0) \cdot C$$

よって

$$C = \frac{T_{out}|_{t=0}}{A_0(B_0 - A_0)}$$

ゆえに

$$\begin{aligned}
 \frac{T_{out}|_t}{T_{out}|_{t=0}} &= \mu = \frac{1}{A_0(B_0 - A_0)} (A_1 t + A_0) \\
 &\quad \cdot \{ (B_1 - A_1)t + (B_0 - A_0) \}
 \end{aligned}$$

ここで、具体的にトリップによる流動量算定の基礎となる輸送単位として、本論では、ゾーニングしたブロックについて人口と全国鉄道貨物駅の貨物取扱量の層別頻度が図-6に見るごとく層別の単位を調整して示すと高い相関が得られることにより、人口を媒介変数にとつて扱うこととする。

このことから、貨物の流動要素は一般に人口に対し、

年間約3トン/人と査定されている。具体的には、 x_k を k 地域の人口の量に対応させることができるであろう。したがって $\frac{dx_k}{dt}$, $\frac{dz}{dt}$ はそれぞれ k 地域ならびに全域での人口の増加勾配に比例して与えられる。

1級地より3級地までに区分して計算すると表-4の⑧が得られる。さらに3.で求めた将来輸送量に整合するように⑦を調整し、求める増加割合⑩が得られる。

なお、この $\frac{dx_k}{dt}$ の値は都市構造に基づく増加割合で自然増、都市集中などの傾向も含むものである。

次に、ここで求めた級地別増加割合をもとに積車OD表を作成する。

発駅 (i) が第 k 級地に属しているとする

$$\mu = \mu_k; (i \in Z_k)$$

そこで、その増加率を発駅発量 x_{ij} ($j=1 \sim n$) に乗すると

$$(x_{ij})_{60} = (x_{ij})_{45} \times \mu_k (i \in Z_k)$$

これを全発駅について行い組み合わせると

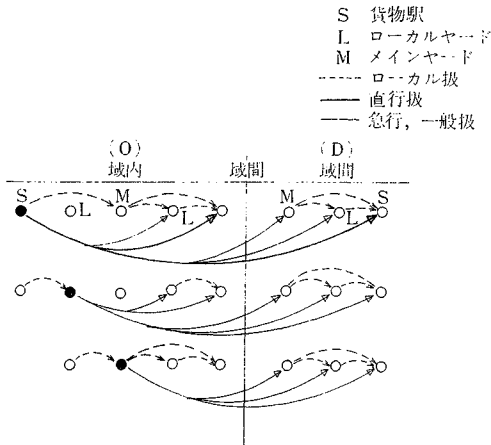
$$\sum_i \sum_j (x_{ij})_{60} = (X)_{60} \text{ となる。}$$

5. 輸送方式別最適化空車操配

(1) 直行扱いの空車流動について

直行扱い列車は先に述べたごとく直接駅間相互を結ぶ定時、大量、定形物資などの輸送に専用貨車、高速貨車などにより編成された列車でピストン輸送されるので、空車率は50%でOD表上ではちょうど転置マトリックスの空車流動を構成する。

そこでこの直行扱いとなる貨車を全積車OD要素のなかから取り出すためには、輸送設備の平均回転数3なら



図一7 列車設定順序

びにゾーニングの数 146 と現貨物駅数との差による補正と季節による輸送波動を考慮、OD 要素に 150 車 [40車 × 3回転(1+0.25補正+波動)] 以上ある場合に限り 40 車単位で直行列車を集結することとし、残余はヤードを中継する列車にのせるものとする。図一7 に示すごとく域内直行、域間直行は OD 要素の値すなわちトラフィックマトリックスが与えられるならば一意的に与えられることとなる。

(2) その他の空車流動について

直行列車以外のものは最適化操配の取扱いを受ける。実際には車種形式別に行われる必要があるが、ここでは総合して次のごとくりニア・プログラミングで空車回送キロ最小となるよう割り付けを行った。

① 局内の空車の需給をまず局内で調整した結果生じた不足ならびに余剰空車について、全社的な局間操配を全貨車キロ最小とするよう配分する。

② 時間差、適合配車等のため需要に対し 5% の余裕をみる。

③ 空車操配に用いる貨車走行キロは各局 1 個所ずつ選んだ操配ヤード相互間とする。

以上から 146 相互で計算した結果、空車発生駅 94、空車需要駅 52、発生ならびに需要駅 46 でこれを局単位

にまとめ 26 局相互の OD マトリックスと、距離マトリックスの値から最適化空車操配の流動 OD がえられた。

6. 将来積空車 OD 表

以上、4., 5. で積車 OD 表ならびに空車 OD 表がでたわけであるが、ここでこれを組み合わせて、積空車の総合 OD 表を作成する。

ここで 60 年度の貨車輸送総合 OD 表を 60 th T_{ij} 、積車 OD 表を 60 th L_{ij} 、空車 OD 表 (専用貨車) を 60 th $E_{ij}^{(1)}$ 、空車 OD 表 (その他) を 60 th $E_{ij}^{(2)}$ とすると

$$60 \text{ th } T_{ij} = 60 \text{ th } L_{ij} + 60 \text{ th } E_{ij}^{(1)} + 60 \text{ th } E_{ij}^{(2)}$$

7. む す び

将来の総合貨車 OD 表ならびに輸送方式別 OD 表はさきに述べたごとく、将来の設備計画や貨車輸送計画 (列車計画) に重要な基本的資料となるばかりでなく、車両、要員、エネルギーなどほとんどすべての面に関与するもので、これによる見とおしのよし悪しはおよその計画にその影響をおよぼすものといつて過言ではないであろう。

しかるにこの方面の研究はその大きさに比べて発展は遅く、道路輸送で領域を限って (道路ではほとんどシステムの輸送要素がない) いくつかの仮定を基にして進められているのが現状である。鉄道輸送のごとく全国的 OD、ネットワーク経路、トランザクション (輸送単位)、輸送条件がシステム的になっており、境界条件、制約条件が数千個におよぶものでは道路交通の解法をそのまま取り入れることは少なからず問題が多いので、本研究では地域別発展と全システムとしての発展との間の調和を重視することによる手法が大容量の計算機に支えられて 1 つの最適化計画が提案されたものである。

さらに OD の研究の発展を我々は期待してさらに多くの研究者が新しい開発あるいは発展に進まれることを望むものである。

(1974.9.18・受付)