

1 はじめに

都市交通において物流が注目され始めたのは、昭和42～3年頃からであり、昭和45年には、我園で初めて広島都市圏で、昭和47年には東京都市群で、事業所を対象とする物資流動調査が実施され、今後も様々な都市で調査が計画されている。これらの調査を基に都市内物流の実態の解明が進められ物流を体系的に把握、分析し計画に役立てていくための方法論がいくつか提案されているが、これらの大部分は従来車々人に対して開示されてきた手法を改良していこうというものである。しかし物流には従来の方法論では捉えきれない様々な特徴を持っている。その代表的なものは都市内の各施設間を流れる物の相互依存関係がほとんど全施設にわたって存在することでありこれらの間の移動に伴う形態の変化である。

本研究は物流の持つこれらの特長 ①生産、加工に伴う形態の変化 ②物流の相互依存性 を捉えるための方法論を開発し、計画への適用性の検討を行うことを目的としている。

2. モデルの基本的考え方

都市の施設(建物)を物流という観点から整理すると次の4つの種類の施設に分類することができる。

- ①中間物流施設：原則的にこの施設へ入って来る物の量と出て行く物の量が等しい施設であり、具体的には工場、店舗、倉庫、市場等である。
- ②採取物流施設：原則的に、この施設に入って来る物の量より出て行く物の量の方が多い施設であり、具体的には、農家、漁業施設、鉱山等である。
- ③最終消費施設：原則的に、この施設では物の消費しか行なわれない施設で、具体的には、家庭、事務所、飲食店、建設現場等の都市内の物の最終的な消費需要を作り出す施設である。
- ④移出入施設：都市での物の移出入を行う施設で、具体的には、港湾、トラックターミナル、鉄道駅等、これらの施設分類に従い、過去のデータより図1に示すような型で施設間移動量を表わす。

図5-1 施設連関表

発生	中間物流施設	最終消費施設	移出施設	合計
1	1	1	1	1
中間物流施設	X_{ij}	$D_{ij}(C_{ij}+B_{ij}+D_{ij})$	N_{ij}	$X_{ij} = \sum_j X_{ij} = \sum_j D_{ij}(C_{ij}+B_{ij}+D_{ij}) + \sum_j N_{ij}$
採取物流施設	S_{ij}			
移入施設	M_{ij}			
合計	$X_{ij} = \sum_j X_{ij} = \sum_j D_{ij}(C_{ij}+B_{ij}+D_{ij}) + \sum_j N_{ij}$			

この表より次の3つの係数を定義する。

$$\textcircled{1} \text{ 搬入係数: } Q_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_{.j}}$$

$$\textcircled{2} \text{ 採取係数: } A_{ij} = \frac{S_{ij}}{X_{.j}}$$

$$\textcircled{3} \text{ 流入係数: } m_{ij} = \frac{M_{ij}}{X_{.j}}$$

今これらの諸係数と最終消費施設及び移出施設での取り扱い量を用いて中間物流施設の取り扱い量 X とし、 t 時の関係式を求めると、定義より発生量=集中量であるから次の様になる。

$$AX + D + N = X \quad \therefore X = (I - A)^{-1}(D + N) \quad \textcircled{1}$$

この中間物流施設での取り扱い量 X を用いて、採取物流施設及び移入施設での物の取り扱い量 S 、 M は

$$S = [A_{ij}] X \quad M = [m_{ij}] X \quad \text{で求めることができる。}$$

このように都市において物の最終需要を作り出している施設の取り扱い量と前に定義した諸係数があれば、施設相互の依存関係を考慮した上で各施設での取り扱い量が求まる。これらの取り扱い量がわかれば、各施設別の取り扱い品目の構成比を算出ることによってこの施設での物の形態を捉えることができる。

3 適用化のためのモデルの改良

前述のモデルを実際の都市に適用しようとした時、いくつかの問題がある。そのうちの1つは、中間物流施設に分類された施設において発生量=集束量という連続の式が成り立たないということである。これは実際にはこの施設内で消費される物があるし、生産に際してエネルギーとして利用される物(石油、石炭等)があるからである。もう1つはこの施設連関表では、表わせない物の流れ—この代表的なものは中間物流施設から採取物流施設への流れである。これらの点に対処すべくモデルを改良していくわけであるがまず前者に対しては、自己消費施設、及びエネルギー消費施設という仮設施設を導入し、次の2つの係数を定義する。

①消費係数 $b_{ij} = \frac{P_{ij}}{X_i}$ (—単位の生産に対して、どれだけの物量がこの生産の管理のために必要とされるかを示す係数)

②エネルギー必要係数 $e_{ij} = \frac{E_{ij}}{X_i}$ (— “ エネルギーが必要であるかを示す係数)

この2つの係数を用いると先におめた関係式は、自己消費量やエネルギー必要量を含んで次の様に表わせる。

$$AX + D' + N + BX + EX = X \quad \therefore X = (I - A - B - E)^{-1} (D' + N) \quad \dots (2)$$

後者のこの表では表わせない物流の内、発生量=集束量という関係式に影響を与えないものは中間物流施設での取り扱い量を求めた後考慮すればよいが中間物流施設より採取物流施設への投入量は、この投入を行う為に必要は物の量は、この表に既に表わされているのでこの量を考慮しないと連続式は成り立たなくなる。この場合にも前者の場合と同様、次の係数を導入する。

③採取生産係数 p_{ij} (採取物流施設が—単位の生産を行う為に必要は中間物流施設からの投入量を示す係数)

この係数を用いると関係式(1)は次のように表わされる。

$$\left. \begin{aligned} A(X - S'R) + D' + N + B(X - S'R) + E(X - S'R) &= X \\ S' &= S \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad S = [a_{ij}] X \end{aligned} \right\} (3)$$

これは中間物流施設及び採取物流施設での取り扱い量 $X \cdot S$ を未知数とする連立方程式である。

このように、上記のモデルを実際の都市に適用する場合にはやや複雑になり、基本的な諸係数(搬入係数・採取係数・移入係数)の他に必要に応じて補助的な係数(消費係数・エネルギー必要係数、採取生産係数)を導入する必要があるが、これらの係数を導入すれば、実際の都市にも上記のモデルは適用可能であると考えらる。

4. 施設流動連関モデルを用いての分析

都市内物流が上記のモデルで表わせるとすると、このモデルを用いて次の分析が可能となる。

①最終消費施設での消費量の増加が他の物流関連施設へ与える影響の計測

$$[\Delta k] = [I - A]^{-1} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \end{bmatrix}$$

②各施設での搬入構造が変化した時の影響の計測

$$[\Delta k] = [I - A]^{-1} [D' + N] - [I - A]^{-1} [D' + N]$$

③各施設での取り扱い物流量より必要物流関連施設量の推計

$$\text{必要施設量} = X_i / \alpha_i \quad \alpha_i: 1 \text{ 単位施設量で取り扱える物の量}$$

その他、中間物流施設の増加が短期的に他の施設へ与える影響や、いくつかの代替的な搬入パターンが考えられた時、どのパターンが最適であるのかを決定して行く場合—線型計画法との結合—にも用いることとできる。

5. おわりに

本研究では、昭和47年度東京都市群で行われた物資流動調査を用い、上記のモデルの適用性を検討した。検討結果は発表当日会場にて説明する。今後はさらにこのモデルを都市内をいくつかの地区へ分割した場合にも適用可能にするための拡張を行う予定である。最後に本研究を進めるに当たって様々なアドバイスをいただいた東京大学の中原英夫助教授、東工大の森田茂助教授、データその他の便宜を、快く計っていただいた東京都市群交通計画委員会の方々に厚く感謝の意を表する。